منشورات جامعة دمشق
كلية العلوم

علم الحياة النباتية (2)
التكاثر في الزمر النباتية
"الجزء النظري"

الدكتورة ابتسام حمد
أستاذة في
قسم علم الحياة النباتية

الدكتور كمال الأشقر
أستاذ مساعد في
قسم علم الحياة النباتية

جامعة دمشق
1430-1431هـ
2009-2010م

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

علم الحياة النباتية (2)
(التكاثر في الزمر النباتية)
الجزء النظري

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

السنة: الأولى

القسم: علم الحياة النباتية

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المحتوى

الموضوع	الصفحة
المقدمة	9
الفصل الأول: مفهوم التكاثر وتصنيف العالم النباتي	11
1-1 مفهوم التكاثر	13
1-2 تصنيف الكائنات الحية	14
1-2-1 تطور منظومة التسمية الثنائية	14
1-2-2 تطور مفهوم المملكة	15
1-2-3 تصنيف العالم النباتي	21
1-2-4 لمحة عامة عن التصنيف الحديث للمملكة النباتية ومستقبل تصنيف النباتات	25
الفصل الثاني: التكاثر في المادة الوراثية	31
2-1 اكتشاف الفيروسات وتحديد طبيعتها	33
2-2 الصفات العامة للفيروسات وبنيتها الدقيقة	36
2-3 أشكال الفيروسات	41
2-4 تكاثر الفيروسات	44
2-5 أصل الفيروسات وأهميتها	47
2-6 الفيروسات غير التقليدية وطرائق تكاثرها	50
2-7 الفيروسات الطارئة	52
الفصل الثالث: التكاثر في بدائيات النوى	63
3-1 الجراثيم الحقيقية Eubacteria	67
3-2 الجراثيم الزرقاء Cyanobacteria	87
3-3 الأركيا Archaea أو الجراثيم القديمة	96
الفصل الرابع: التكاثر في الطحالب Algae حقيقيات النوى	99

4-1- أهمية الطحالب 103
4-2 الأنماط الشكلية والبنيوية للطحالب 106
4-3 الصانعات في الطحالب 110
4-4 أنماط التكاثر في الطحالب 111
4-5 تصنيف الطحالب ودراسة أمثلة من المجموعات التصنيفية المختلفة 116
الفصل الخامس: التكاثر في الفطريات 165
5-1 أهمية الفطريات 167
5-2 تصنيف الفطريات 170
5-3 الخصائص الشكلية والحياتية للفطريات 174
5-4 أنماط التغذية الفطرية 185
5-5 طرائق التكاثر في الفطريات 187
5-6 الأشكال غير التامة Anamorphs والأشكال التامة Teleomorphs 197
5-7 دراسة أمثلة من المجموعات التصنيفية المختلفة للفطريات 197
الفصل السادس: التكاثر في النباتات البريوية Bryophytes 293
6-1 العلاقات العامة بين النباتات والسجايا التي اكتسبتها هذه النباتات باستعمار اليابسة 295
6-2 التكاثر في البريويات Bryophytes 304
- الحزازيات Mosses 305
- الكبديات Hepatophyta أو الحزازيات الكبدية 323
- الانتوسيرات Anthocerophyta أو الحزازيات القرنية 331

الفصل السابع: التكاثر في النباتات الوعائية اللابذرية
النباتات السرخسية Pteridophyta 335
7-1 الصفات العامة للسرخسيات 337
7-2 تصنيف السرخسيات 340
7-2-1 شعبة بسيلوتوفيتا Psilotophyta 340

7-2-2 شعبة ليكوبوديوفيتا (أرجل الذئب) Lycophyta = Lycopodiophyta 343
7-2-3 شعبة ايكويسيتوفيتا (أذناب الخيل) Equisetophyta = Sphenophyta 348
7-2-4 شعبة فيليكوفيتا (كثيرات الأرجل أو السراخس) Filicophyta = Polypodiophyta (Ferns) 354
الفصل الثامن: التكاثر في النباتات البذرية Spermatophyta 361
8-1 الخصائص العامة للنباتات البذرية 363
8-2 التكاثر في عاريات البذور 367
8-3 تطور عاريات البذور وتصنيفها 393
8-4 التكاثر في مغلفات البذور Angiosperms أو Magnoliophytina 412
الفصل التاسع: التكاثر الاعاشي في النباتات الوعائية 473
9-1 التكاثر الإعاشي بالتجزؤ 475
9-2 التكاثر الإعاشي بوساطة أعضاء خاصة 476
9-3 تطبيقات التكاثر الإعاشي في الزراعة 478
9-3-1 الافتسال 478
9-3-2 الترقيد 478
9-3-3 التطعيم 478
الفصل العاشر: تعاقب الأجيال Alternation of Generations 483
10-1 تعاقب الأجيال في المشريات 486
10-2 تعاقب الأجيال في البريويات 487
10-3 تعاقب الأجيال في التريديات 487
10-4 تعاقب الأجيال في النباتات البذرية 488
الفصل الحادي عشر: زيادة تكاثر النباتات وتحسينها بزراعة الخلايا والأنسجة 491

11-1 نشوء زراعة الخلايا والأنسجة وتطورها 493
11-2 طرائق الحصول على نباتات الأنابيب 496
11-3 الفوائد العملية لزراعة الخلايا والأنسجة 499
11-4 الصعوبات التي تواجه الحصول على نباتات الأنابيب 509
المراجع References 511
المصطلحات Terms 517

جامعة دمشق
وقل رب زدني علما
Damascus University

المقدمة

يمثل كتاب علم الحياة النباتية (2) (التكاثر في الزمر النباتية) هذا جهداً متواضعاً، يهدف إلى إعطاء فكرة موجزة عن طرق التكاثر لدى المجموعات المختلفة في العالم النباتي. وقد حاولنا الرجوع إلى أحدث المراجع العلمية لنقدم إلى قارئنا وطلابنا الأعزاء أحدث ما توصل إليه العلماء في هذا المجال.

يتضمن هذا الكتاب أحد عشر فصلاً. تحدثنا في الفصل الأول عن مفهوم التكاثر وعن التصنيف الحديث للمملكة النباتية ومستقبل تصنيف النباتات. وتحدثنا في الفصل الثاني عن التكاثر في المادة الوراثية. أما الفصل الثالث فخصص للحديث عن التكاثر في بدائيات النوى التي تضم الجراثيم الحقيقية Eubacteria والجراثيم الزرقاء Cyanobacteria والأركيا Archaea أو الجراثيم القديمة. وتحدثنا في الفصل الرابع عن التكاثر في الطحالب Algae حقيقيات النوى. أما الفصل الخامس فكان مخصصاً للحديث عن أهمية الفطريات، وخصائصها، وتصنيفها والتكاثر فيها. أما الفصل السادس فخصص للحديث عن التكاثر في النباتات البريوية Bryophytes. وتحدثنا في الفصل السابع عن التكاثر في النباتات السرخسية Pteridophyta . أما الفصل الثامن فخصص للحديث عن التكاثر في عاريات البذور ومغلفاتها. ثم تحدثنا في الفصل التاسع عن التكاثر الاعاشي في النباتات الوعائية، ووضحنا في الفصل العاشر مفهوم تعاقب الأجيال Alternation of Generations في مختلف المجموعات التصنيفية المدروسة. وخصصنا الفصل الحادي عشر للحديث عن زيادة تكاثر النباتات وتحسينها بزراعة الخلايا والأنسجة.

كتبت الدكتورة ابتسام حمد الفصول 1، 2، 3، 6، 8، 9، 10، 11؛ أما الدكتور كمال الأشقر فقد كتب الفصول 4، 5، 7.

لقد حاولنا التفصيل أحياناً والاختصار في أحيان أخرى، لأن الحديث بالتفصيل عن تلك النقاط التي عالجناها يحتاج في الواقع إلى مجلدات. آملين أن نكون قد وفقنا في هدفنا.

المؤلفان

الفصـــــل الأول

مفهوم التكاثر وتصنيف العالم النباتي

1-1 مفهوم التكاثر

1-2- تصنيف الكائنات الحية

1-2-1 تطور منظومة التسمية الثنائية

1-2-2 تطور مفهوم المملكة

Development of the Kingdom Concept

1-2-3 تصنيف العالم النباتي

1-2-4 لمحة عامة عن التصنيف الحديث للمملكة النباتية ومستقبل تصنيف النباتات

الفصل الأول

مفهوم التكاثر وتصنيف العالم النباتي

1-1 مفهوم التكاثر:

يعد التكاثر من الصفات المميزة لكافة الأحياء، لأنه يضمن تجدداً للأنواع بشكل مستمر ومتعاقب، وإنتاجاً لأفراد جدد ذات صفات ووظائف تماثل تلك التي تخص السلف، عن طريق انتقال الصفات المختلفة للعضوية من جيل إلى آخر، وهو ما يعبر عنه بالتوالد الحيوي الذي أرسى قواعده العالم باستور Pasteur منذ عام 1864 م في نظرية النشوء الحيوي Biogenese فدحض بذلك نظرية النشوء الذاتي Spontaneous generation التي وضعها أرسطوطاليس Aristotale 380 ق.م وأوضح فيها أن الحياة تنشأ من الهواء والتربة وكل الأشياء المحيطة بنا، فالديدان يمكن أن تتولد من اللحوم والفئران من الطحين. وقد كان لتبني العلماء نظرية باستور في النشوء الحيوي أكبر الأثر في تقدم العلوم البيولوجية فيما بعد.

تتميز الكائنات وحيدة الخلية، سواء كانت نباتية أم حيوانية، بأنها تتكاثر بالانقسام. لذا فهي تتصف بالخلود إذا لم يفاجئها الموت لسبب عارض. أما الكائنات النباتية متعددة الخلايا فإنها قد تتكاثر لاجنسياً Asexual حيث يمكن لجزء من النبات أن يعطي مثيلاً له عن طريق الازدياد العددي، وقد تتكاثر جنسياً Sexual وذلك باندماج خلايا جنسية مذكرة ومؤنثة ينتج عنها البيضة الملقحة Zygote التي تعطي بانقساماتها المستمرة الكائن الحي الجديد والمتميز بالتبدل والتطور في صفاته الوراثية بسبب الطفرات التي تختلف باختلاف الشروط البيئية المحيطة.

يتأثر التكاثر مهما اختلفت مستوياته بدءاً من تكاثر الجزيء إلى التكاثر على المستوى الخلوي، إلى التكاثر على مستوى الفرد، بالتوجيه الوراثي المحدد سابقاً، والمتمركز بشكل رئيسي في النواة، حيث نجد المنظم الرئيسي لتفاعلات تركيب

البروتين، ألا وهي المورثات المحمولة على الصبغيات. تقوم الحموض النووية (RNA , DNA) بالدور الرئيسي في ظاهرة التوريث، لا بل تشكل الأساس لجوهر التكاثر والحياة. وهنا لا بد من الإشارة إلى الدور الهام الذي تقوم به الفيروسات Viruses التي تملك القدرة على التكاثر بنسخ نفسها، بما تملكه من خصوبة مفرطة في المورثات، علماً بأنها لا تملك البنية الخلوية المميزة للكائنات الحية عامة والنباتات خاصة، وإنما تظهر أحياناً على شكل جزيئات متبلورة تختلف عن أي نوع من البلورات الكيميائية الأخرى بقدرتها على نسخ نفسها فقط لحظة إصابتها للخلايا، وبهذا يمكن اعتبارها كائناً حياً عندما تتطفل على الأحياء، ويصبح الفرق بينها وبين هذه الأحياء كالفرق بين الأحياء نفسها.

إن التنوع الذي يظهر في الكائنات الحية بشكل عام والنبات بشكل خاص، إنما ينتج عن اختلاف في التنظيم البنائي لمكوناتها على المستوى الجزيئي والخلوي والنسيجي، ولا يمكن استيعاب هذا التنوع ما لم يوضع في نظام تصنيفي شامل.

1-2 تصنيف الكائنات الحية:

1-2-1 تطور منظومة التسمية الثنائية:

يعد Theophrastus أول من نظم وصنف النباتات. وهو تلميذ أرسطو Aristotle وبلاتو Plato. ويعود ذلك إلى القرن الرابع قبل الميلاد. وقد قسم في ذلك الوقت قرابة 500 نبات إلى أشجار, شجيرات، أعشاب وذلك بالاعتماد على الشكل الخارجي, لاسيما شكل وخصائص الأوراق. وقد استخدمت هذه الطريقة مئات السنين. ولم يتم التمييز بين أحاديات وثنائيات الفلقة حتى القرن الثالث عشر الميلادي, وذلك بالاعتماد على بنية السوق. وخلال تلك الفترة أضاف الباحثون نباتات عدة إلى قائمة Theophrastus. ومع مطلع القرن الثامن عشر, أضيف إلى معايير التصنيف المستخدمة معايير أخرى تتعلق ببنية الثمار والأزهار, إضافة إلى الشكل والموطن.

لقد أصبح استخدام اللاتينية في المدارس والجامعات عالمياً, لذلك تم استخدام التسمية اللاتينية للنباتات والحيوانات على حد سواء. وقد تم ترتيب المتعضيات في

أجناس Genera (مفردها Genus). وقام العالم السويدي Carolus Linnaeus (1707-1778) بتحسين طريقة التسمية والتصنيف هذه.

بدأ هذا الباحث عمله بتصنيف النباتات والحيوانات بالاعتماد على الجنس, ونشر عام 1753 مجلدين سماهما *Species Plantarum* وعدل عما كان مستخدماً وسائداً بإدخال النوع Species وظهر نظام التسمية الثنائية *Binomial System*, ويُضاف في غالبية الأحيان بعد النوع اسم المصنف (أو اختصار اسمه) الذي حدد النوع ووصفه لأول مرة. ومازالت هذه الطريقة مستخدمة حتى يومنا هذا.

وفي عام 1867 أي بعد قرابة 100عام من عمل الباحث السويدي Carolus Linnaeus ونشره لمجلديه *Species Plantarum*, اجتمع قرابة 150 عالماً نباتياً أوروبياً وأمريكياً في باريس لإيجاد قاعدة موحدة في تسمية النباتات. وكان عمل الباحث Linnaeus أول نقطة ومعيار أُخذَ بها. وكانت ثمرة هذا المؤتمر ظهور ما سمي: القانون العالمي للتسمية النباتية International Code of Botanical Nomenclature, وقد طُوِّر وأصبح قانوناً عالمياً لتسمية الحيوانات أيضاً.

1-2-2 تطور مفهوم المملكة

:Development of the Kingdom Concept

لقد عرف تقسيم الأحياء إلى مملكتين مستقلتين هما المملكة النباتية Plantae والمملكة الحيوانية Animalia منذ القدم، حيث حاول أرسطوطاليس Aristotale وتلاميذه منذ عام 380 ق.م تقسيم وتصنيف جميع الكائنات الحية التي وجدت في بيئتهم وفقاً لذلك. ولكن على الرغم من تميز هذا النظام بالبساطة البالغة، فإنه يتضمن اختلافات واسعة ضمن أقسام المملكة الواحدة. فالأوغلينا التي تتحرك بسياط وتحوي على اليخضور وتبتلع غذاءها وتهضمه, تحمل صفاتاً نباتية وحيوانية, وكانت تصنف سابقاً ضمن مملكة الحيوانات. وظهرت المشكلة نفسها بالنسبة للفطريات المخاطية Slime molds التي تتمثل بكتلة مخاطية تنمو في الدبال، وتشبه الأميبات Amoebae في مظهرها. وعندما تتكاثر فإنها تشكل أجساماً ثمرية كالفطريات مما دفع بعضهم لتصنيفها ضمن مملكة الفطريات. هذا إضافة لاكتشاف المجهر وتطور

الدراسات البيوكيميائية والوراثية، الأمر الذي دفع هوغ وهيكل John Hogg & Haeckel Emst عام 1860 لاعتماد نظرية الممالك الثلاث, أي بإضافة مملكة جديدة ثالثة إلى المملكتين السابقتين وهي مملكة البروتستا Protoctista التي تضم جميع المتعضيات البسيطة التي لم يتطور لديها أنسجة معقدة كالطحالب والفطريات والاسفنجيات. وبزيادة تطور معلوماتناعن التراكيب الدقيقة لهذه الأحياء، وبما أن مملكة البروتستا تضم متعضيات متنوعة, لذلك اقترح العالم البيولوجي Herbert F.Copeland عام 1938 تقسيم هذه المملكة الأخيرة, واشتق عنها مملكة مونيرا Monera ووضع فيها الأحياء وحيدات الخلية بدائية النواة مع ترك الطحالب والفطريات والمتعضيات وحيدة الخلية حقيقيات النواة في مملكة البروتستا Protoctista, وهكذا كانت نظرية الممالك الأربعة لكوبلاند.

ومع اكتشاف المجهر الإلكتروني، وتقدم دراسة التراكيب الداخلية لخلايا الأحياء الدقيقة Microorganisms فقد اقترح موراي Murray عام 1968 نظاماً تقسيمياً جديداً اعتمد على وجود نوعين مختلفين من الخلايا هما:

- بدائيات النوى Procaryotic cells وأطلق عليها مملكة الميكروبات، وتضم الجراثيم والجراثيم (أو الطحالب) الزرقاء.
- حقيقيات النوى Eucaryotic cells وتضم النباتات والحيوانات والطحالب والفطريات ووحيدات الخلية الحيوانية.

وَعُدَّ هذا التقسيم نوعاً من التصنيف القائم على الاختلاف بين هذين القسمين كما يوضح الجدول التالي (رقم 1-1).

(جدول 1-1): الاختلافات الرئيسية بين بدائيات النوى وحقيقياتها الرئيسية

الصفة	خلية بدائية النواة Procaryotic	خلية حقيقية النواة Eucaryotic
1- أبعاد الكائن	1×4 ميكرون أو أقل	أكثر من 5 ميكرون عرضها أو قطرها
2- السياط Flagella (إن وجدت)	بسيطة (خيط محوري واحد مكون من نوعين من البروتينات فقط)	معقدة (السوط متعدد الخيوط والبروتينات)
3- الجدار الخلوي Cell Wall (إن وجد):		
* حمض الميوراميك Muramic acid.	يوجد	لا يوجد
* حمض دي أمينوبيميليك Diaminopimelic acid.	يوجد أو لا يوجد	لا يوجد
* السليولوز Cellulose	لا يوجد	يوجد أو لا يوجد
4- الغشاء السيتوبلازمي Cytoplasmic membrane:		
* الستيرولات Sterols	لا توجد	توجد
* الجملة التنفسية	لا توجد	توجد
* جهاز التركيب الضوئي	قد يوجد	يوجد أو لا يوجد
5- السيتوبلازم Cytoplasm :	لا يوجد انسياب بلاسمي	يوجد انسياب بلاسمي
* الميتوكوندريا وأجسام كولجي، والشبكة الإندوبلاسمية والليسوسومات.	لا توجد	توجد
* فجوات غازية وميزوزومات Mesosomes	توجد	لا توجد
* البلاستيدات الخضراء Chloroplasts	لا توجد	توجد أو لا توجد
* الريبوسومات السيتوبلازمية Cytoplasmic ribosomes	ذات معامل ترسيب 70S	ذات معامل ترسيب 80S
* الفجوات المحاطة بأغشية Vacuoles enclosed by membranes	لا توجد	توجد
* الالتقام والحركة الأميبية Phagoctosis and amoeboid movement	لا توجد	توجد أو لاتوجد
6- النواة Nucleus:		
* الغشاء النووي Nuclear membrane.	لا يوجد	يوجد
* الانقسام الميتوزى Mitosis.	لا يوجد	يوجد
* عدد الكروموسومات Chromosomes number.	واحد	أكثر من واحد
* نسبة الغوانين والسيتوزين في الدنا DNA	28-72 %	حوالي 40 %
7- الوظائف الحيوية:		
* الحركة	بالسياط أو انزلاقية	بالسياط أو حركة كبيرة.
* تركيب البروتين	يشترك RNA وحيد مع بعض البروتينات والريبوسومات 70S .	يشترك ثلاثة أنواع من RNA والريبوسومات 80S و 70S
* التكاثر	لا جنسي- التزاوج نادر ويقود إلى بيضة ملقحة جزئياً Merozygote	لا جنسي وجنسي والتزاوج يقود إلى بيضة ملقحة Zygote دائماً

هذا، واعتماداً على نتائج الدراسات البيوكيميائية والوراثية ونمط التغذية (بناء ضوئي، هضم، امتصاص) فقد اقترح ويتاكير Whittaker عام 1969 وفق الشكل (رقم 1-1) نظام الممالك الخمس التالية:

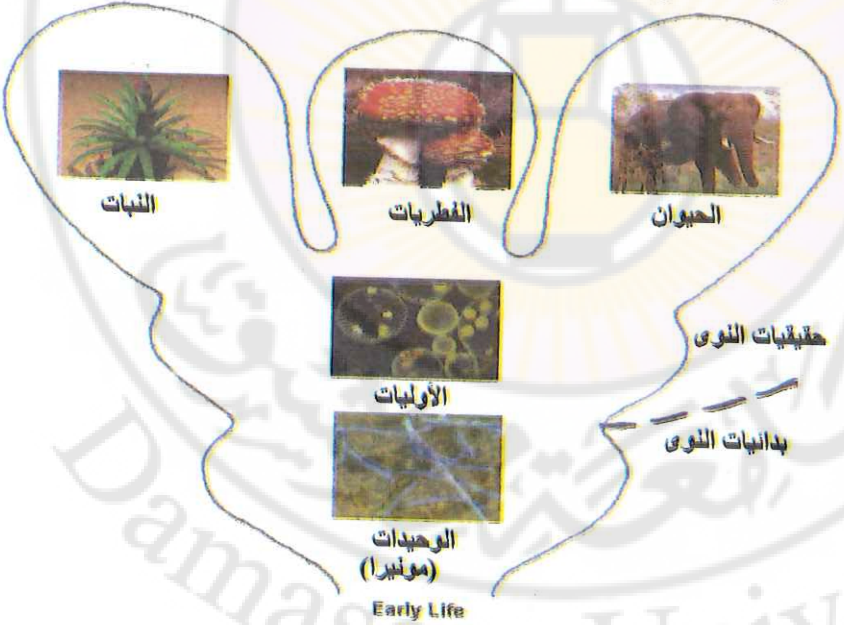
1- مملكة مونيرا Monera: تضم بدائيات النوى Procaryotes من الجراثيم والطحالب الزرقاء.

2- مملكة الأوليات Protista: تضم وحيدات الخلية من حقيقيات النوى Eucaryotes أي الطحالب البدائية ووحيدات الخلية الحيوانية.

3- مملكة الفطريات Fungi: تضم الخمائر والفطريات وهي لا تحوي على اليخضور وبالتالي فهي غير ذاتية التغذية.

4- المملكة النباتية Plantae: تضم النباتات الخضراء والطحالب الخضراء وهي ذاتية التغذية لاحتوائها على اليخضور.

5- المملكة الحيوانية Animalia: تضم جميع الأحياء القادرة على ابتلاع المواد الغذائية Ingesters.


النبات
الفطريات
الحيوان
حقيقيات النوى
الأوليات
بدائيات النوى
الوحيدات
(مونيرا)
Early Life

(شكل1-1): نظام الممالك الخمس حسب ويتاكير Whittaker عام 1969

نلاحظ في هذا النظام أن الممالك الثلاث الأخيرة تضم عديدات الخلايا من زمرة حقيقيات النوى، وبأنه لم يتضمن مجموعة الفيروسات Viruses التي أصبحت تمثل مجموعة مستقلة لبنية غير خلوية Acellular structure.

وفي ضوء ما تقدم نلاحظ أن التغييرات والتعديلات في جميع النظم التقسيمية السابقة كانت تنصب برمتها على الكائنات الحية البدائية الأقل تطوراً. وهكذا نجد في كتاب برجي Bergey's الطبعة الثامنة (8th ed.1974) اعتماده تصنيف ويتاكير الأخير مع اقتراح موراي Murray عام 1969 استبدال مملكة مونيرا بمملكة بدائيات النوى بسبب الطبيعة البدائية لخلايا هذه المملكة واقتراح تقسيمها إلى قسمين على النحو التالي:

1- قسم جراثيم البناء الضوئي Photosynthetic bacteria أو الجراثيم الضوئية Photobacteria وذلك لمقدرتها على استغلال الضوء كمصدر للطاقة وتضم:

- الجراثيم الضوئية الخضراء المزرقة Blue- green photobacteria أو الجراثيم الزرقاء Cyanobacteria والتي تستعمل الضوء كمصدر للطاقة في ظروف هوائية.
- الجراثيم الضوئية الحمراء Red photobacteria.
- الجراثيم الضوئية الخضراء Green photobacteria .

وجراثيم الطائفتين الأخيرتين (الحمراء و الخضراء) تستعملان الضوء كمصدر للطاقة في ظروف لا هوائية.

2- قسم الجراثيم التي تعيش دون ضوء Scotobacteria أو الجراثيم اللاضوئية: وهي التي تعيش عادة إما متطفلة أو رُمِّية أو النمطين معاً وتضم:

- الجراثيم The Bacteria: وهي التي تعيش كطفيليات Parasites أو كرميات Saprophytes أو النمطين معاً.

- الريكتسيا Rickettsias وهي جراثيم متطفلة إجبارياً داخل مضيفها (عائلها) Obligate intracellular parasites ولا تمر عبر المرشحات الخزفية. وتُعدُّ حالياً قسماً من أقسام الجراثيم.
- الجراثيم عديمة الجدار Mycoplasmas أو Mollicutes، وذلك بسبب جدارها المرن الذي يحوي كمية قليلة جداً من حمض الموراميك Muramic acid المميز لجدار الخلية الجرثومية. وتعد حالياً قسماً من أقسام الجراثيم.

وقد وضعت الفيروسات أيضاً خارج هذا التقسيم لأنها لا تتميز بالنمط الخلوي.

وبعد ذلك قام عالم الأحياء الدقيقة Carl Woese عام 1980 بتقسيم مملكة مونيرا إلى مملكتين تضمان جراثيم تبدي بعض الاختلافات: جراثيم حقيقية True Bacteria و جراثيم بدائية Archaebacteria, وظهرت بذلك نظرية الممالك الست (جدول 1-2).

(جدول 1-2): النظم المختلفة لتقسيم الأحياء في ممالك

الخصائص	نظام الممالك الست (WOESE ET AL.) 1980	نظام الممالك الخمس (WHITTAKE) 1969	نظام الممالك الأربع (COPELAND) 1938	نظام الممالك الثلاث (HOGG AND HAECKEL) 1860	نظام المملكتين (تقليدي)
خلايا بدائية نوى	**أركيا**	**مونيرا**	**مونيرا**		
لا تحوي حمض موراميك	جراثيم بدائية	جراثيم	جراثيم		
خلايا بدائية نوى	**جراثيم**	**بروتستا**	**بروتستا**	**بروتستا**	
تحوي حمض موراميك	جراثيم حقيقية	طحالب	طحالب	جراثيم	
خلايا حقيقية نوى	**بروتستا**	فطريات مخاطية	فطريات مخاطية	طحالب	
	طحالب	فطريات مسوطة	فطريات مسوطة	فطريات مخاطية	
	فطريات مخاطية	حيوانات أوالي	فطريات حقيقية	فطريات حقيقية	
	أعفان مائية	اسفنجيات	حيوانات أوالي	فطريات حقيقية	

	حيوانات أوالي		اسفنجيات	حيوانات أوالي	
	اسفنجيات			اسفنجيات	
تمتص غذاءها بشكل محلول	**فطريات**	**فطريات**			
	فطريات حقيقية	فطريات حقيقية			
تنتج غذاءها بوساطة التركيب الضوئي	**نباتات**	**نباتات**	**نباتات**	**نباتات**	**نباتات**
	بريويات	بريويات	بريويات	بريويات	جراثيم
	نباتات وعائية	نباتات وعائية	نباتات وعائية	نباتات وعائية	طحالب
					فطريات مخاطية
					فطريات مسوطة
					فطريات حقيقية
					بريويات
					نباتات وعائية
تهضم غذاءها	**حيوانات**	**حيوانات**	**حيوانات**	**حيوانات**	**حيوانات**
	كثيرات خلايا	كثيرات خلايا	كثيرات خلايا	كثيرات خلايا	أوالي حيوانية
	حيوانات	حيوانات	حيوانات	حيوانات	
					اسفنجيات
					حيوانات كثيرات الخلايا

1-2-3 تصنيف العالم النباتي:

ظهر منذ عهد لينيوس Linnaeus, مستويات تصنيفية متعددة أضيفت بين مستوى المملكة والجنس. تجمع حالياً الأجناس Genera ضمن فصائل Families, والفصائل ضمن رتب Orders, والرتب ضمن صفوف Classes, والصفوف ضمن شعب (divisions) Phyla, والشعب ضمن ممالك Kingdoms.

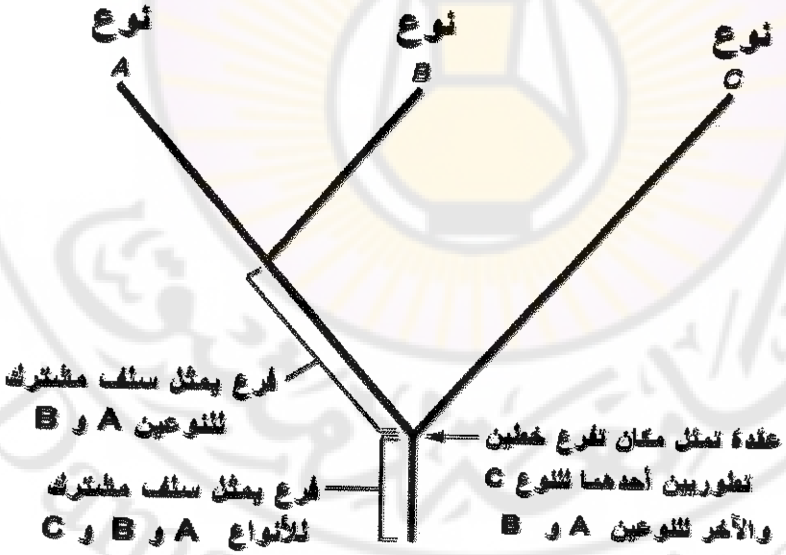
وإضافة إلى هذه المجموعات التصنيفية فقد أُدخل مجموعات أخرى كتحت شعبة Subphylum, وتحت صف Subclass, وتحت رتبة Suborder, وتحت نوع

Subspecies, واختلافات Varieties, وأشكال Forms. وأضاف بعض الباحثين مجموعات تصنيفية أخرى مثل: فوق مملكة Superkingdom وفوق رتبة Superorder.

يُطلَق على المختصين في تحديد وتسمية وتصنيف المتعضيات مصطلح مصنفين Taxonomists. أما أولئك المصنفون الذين يأخذون بالحسبان تتالي النيكليوتيدات في جزيء DNA وبالتالي العلاقات التطورية للوصول إلى إظهار العلاقات الطبيعية بين الأحياء فيطلق عليهم مصطلح Systematists, ويقود عمل كليهما لوضع مفاتيح تصنيفية تساعدنا في تحديد المتعضيات غير المعروفة وغير الشائعة. ومع ذلك يستخدم الكثيرون كلا المصطلحين المذكورين للدلالة على المعنى ذاته.

نظام الفروع Cladistics:

استخدم المصنفون منذ عام 1970 نظام الفروع, هذا النظام الذي يعكس علاقات القربى الطبيعية بين الأحياء وظهر نتيجة ذلك ما يسمى بمخططات الفروع Cladograms (شكل 1-2).


نوع A
نوع B
نوع C
فرع يمثل سلف مشترك للنوعين A و B
عقدة تمثل مكان تفرع خطين تطوريين أحدهما للنوع C والآخر للنوعين A و B
فرع يمثل سلف مشترك للأنواع A و B و C

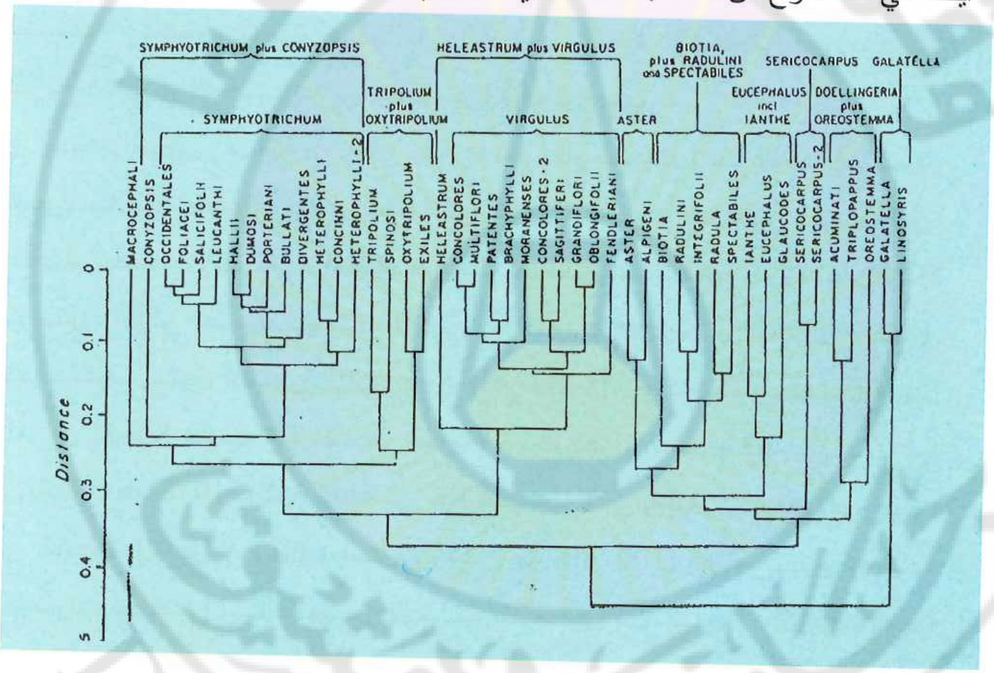
(شكل1-2): مخطط فروع بسيط يوضح العلاقة بين ثلاثة أنواع تكون فيها العلاقة والارتباط بين النوعين A و B أقوى من تلك مع النوع C

هناك عدة تصانيف للعالم النباتي كانت وما تزال متبعة في دراسة علم النبات، وقد اعتمدت هذه التصانيف قديماً على طريقة استعمال النباتات (طبية، غذائية، علفية، تزيينية، صباغية، نسيجية ....الخ..) أو على استخدام أكبر عدد من الصفات الشكلية، أو على مقارنة البنية الداخلية ودراسة الخلية والجنين، أو دراسة حبات الطلع ودراسة المستحاثات، أو على الصفات البيئية والتوزع الجغرافي، أو على بعض الصفات الفيزيولوجية والتكاثرية.

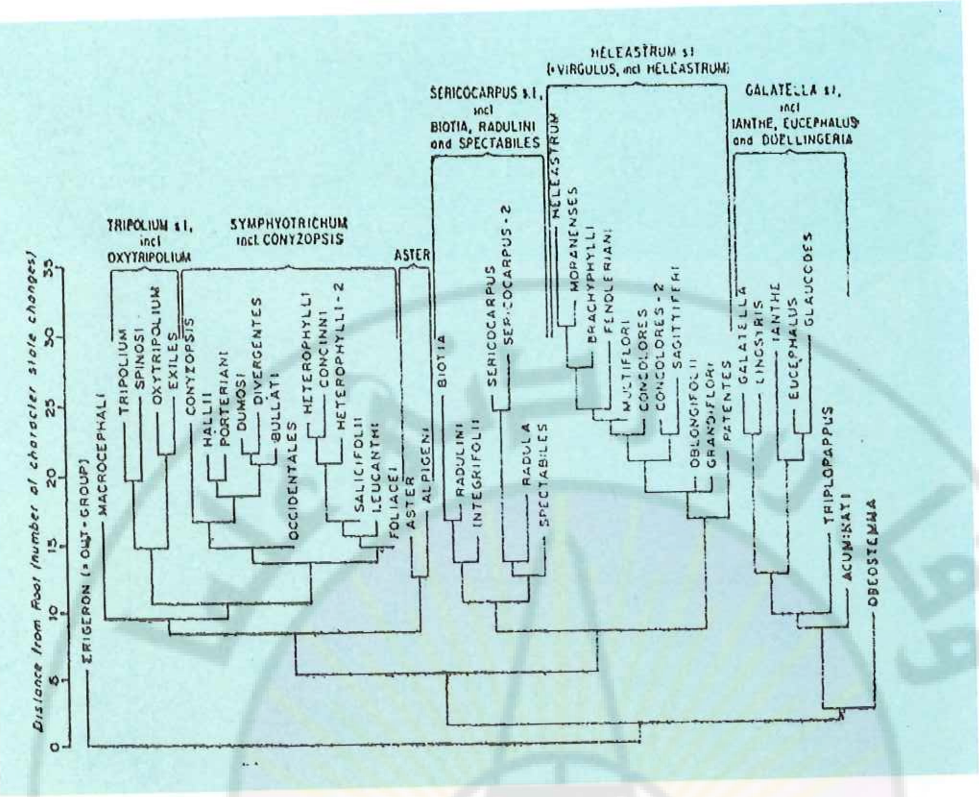
وتعتمد حاليا على معايير متعددة بآن واحد أهمها: المعيار البنيوي (الصفات الإعاشية والتكاثرية، والصفات الشكلية والتشريحية)، المعيار الكيميائي (نواتج الاستقلاب الرئيسية والثانوية كالسكاكر والفينولات والزيوت العطرية)، المعيار الصبغي (عدد الصبغيات وشكلها، وبنيتها وسلوكها عبر الأجيال)، والمعيار المستحاثي الذي يوضح التاريخ التطوري للنباتات ويدرس علاقة القرابة الحالية بينها.

إن استخدام المعايير السابقة يدل على صعوبة استخدام تصنيف واحد دائماً (صنعياً، طبيعياً، سلالياً). ولهذا فقد حاول العلماء في السنوات الأخيرة الاستفادة من تطور استخدام الحاسب الإلكتروني، لتحقيق تصانيف حديثة وواقعية. فظهرت منذ عام 1980 مدرستان: الأولى اعتمدت التصنيف الشكلي العددي Numerical phenetic الذي يشبه تصنيف ميشيل أدانسون Adanson (عام 1763)، حيث قام سنيث Sneath وسوكال Sokal عام 1963 بتلخيص فكرته، ثم مع تطور استخدام الحاسب استطاعوا أن يقدموا عام 1973 دراسة كاملة عن هذا التصنيف الذي يمكنه أن يعالج أكبر عدد من الصفات (لا يقل عن 60 ويفضل أن يكون بين 80-100) ويرتبها ويقدم لنا نتيجة مقارنتها، واستخدموا لذلك تعبير الوحدة التصنيفية الأساسية Operational Taxonomic Unit (OTU) وهي أصغر زمرة تصنيف تدرس في بحث ما، وبهذا يمكن أن تكون هذه الوحدات فصائل أو أجناسا أو أنواعاً أو أفراداً نباتية. ويوضح الشكل رقم (1-3) مخطط التشابه Phenogram الناتج عن عملية تحليل المجموعات Cluster analysisلـ (46) مجموعة نباتية من الفصيلة المركبة أو النجمية Asteraceae (حسب جون Jones ويونغ Young عام 1983).

أما المدرسة الثانية فقد اعتمدت التصنيف التطوري الشجري (أو المتفرع Cladistic) الذي يمكنه أن يعالج الصفات المتشابهة الموجودة بين الأفراد ويرتبها بشكل شجرة تطور Cladogram ويعد العالم الألماني Henning أول من اقترح هذه الطريقة نحو عام 1950 ثم طورها ونشرها عام 1966 فاستخدمت بشكل كبير من قبل علماء التصنيف الحيواني. بينما يمكن عدَّ علماء النبات مبتدئين في استخدام هذه الطريقة ويوضح الشكل رقم (1-4) المخطط الشجري التطوري الناتج من تحليل (46) مجموعة من نباتات الفصيلة المركبة باستخدام (9) أنواع من Erigeron ذات صفات مختلفة (حسب جون ويونغ عام 1983). تعد الـ OTU الوحدة التصنيفية الأساسية أيضاً في هذا النوع من التصنيف التطوري الشجري.


SYMPHYOTRICHUM plus CONYZOPSIS
HELEASTRUM plus VIRGULUS
BIOTIA, plus RADULINI and SPECTABILES
SERICOCARPUS
GALATELLA
TRIPOLIUM plus OXYTRIPOLIUM
EUCEPHALUS incl IANTHE
DOELLINGERIA plus OREOSTEMMA
SYMPHYOTRICHUM
VIRGULUS
ASTER
MACROCEPHALI
CONYZOPSIS
OCCIDENTALES
FOLIACEI
SALICIFOLII
LEUCANTHI
HALLII
DUMOSI
PORTERIANI
BULLATI
DIVERGENTES
HETEROPHYLLI
CONCINNI
HETEROPHYLLI-2
TRIPOLIUM
SPINOSI
OXYTRIPOLIUM
EXILES
HELEASTRUM
CONCOLORES
MULTIFLORI
PATENTES
BRACHYPHYLLI
MORANENSES
CONCOLORES-2
SAGITTIFERI
GRANDIFLORI
OBLONGIFOLII
FENDLERIANI
ASTER
ALPIGENI
BIOTIA
RADULINI
INTEGRIFOLII
RADULA
SPECTABILES
IANTHE
EUCEPHALUS
GLAUCODES
SERICOCARPUS
SERICOCARPUS-2
ACUMINATI
TRIPLOPAPPUS
OREOSTEMMA
GALATELLA
LINOSYRIS
Distance
0
0.1
0.2
0.3
0.4
5

(شكل 1-3): مخطط التشابه الناتج عن عملية تحليل المجموعات لـ (46) مجموعة نباتية من الفصيلة المركبة Asteraceae (حسب Jones et Young عام 1983)


Distance from Root (number of character state changes)
0
5
10
15
20
25
30
35
ERIGERON (= OUT-GROUP)
TRIPOLIUM s.l. incl OXYTRIPOLIUM
MACROCEPHALI
TRIPOLIUM
SPINOSI
OXYTRIPOLIUM
EXILES
SYMPHYOTRICHUM incl. CONYZOPSIS
CONYZOPSIS
HALLII
PORTERIANI
DUMOSI
DIVERGENTES
BULLATI
OCCIDENTALES
HETEROPHYLLI
CONCINNI
HETEROPHYLLI-2
SALICIFOLII
LEUCANTHI
FOLIACEI
ASTER
ASTER
ALPIGENI
SERICOCARPUS s.l. incl BIOTIA, RADULINI and SPECTABILES
BIOTIA
RADULINI
INTEGRIFOLII
SERICOCARPUS
SERICOCARPUS-2
RADULA
SPECTABILES
HELEASTRUM s.l. (=VIRGULUS, incl HELEASTRUM)
HELEASTRUM
MORANENSES
BRACHYPHYLLI
FENDLERIANI
MULTIFLORI
CONCOLORES
CONCOLORES-2
SAGITTIFERI
OBLONGIFOLII
GRANDIFLORI
PATENTES
GALATELLA s.l. incl IANTHE, EUCEPHALUS and DOELLINGERIA
GALATELLA
LINOSYRIS
IANTHE
EUCEPHALUS
GLAUCODES
TRIPLOPAPPUS
ACUMINATI
OBOESTEMMA

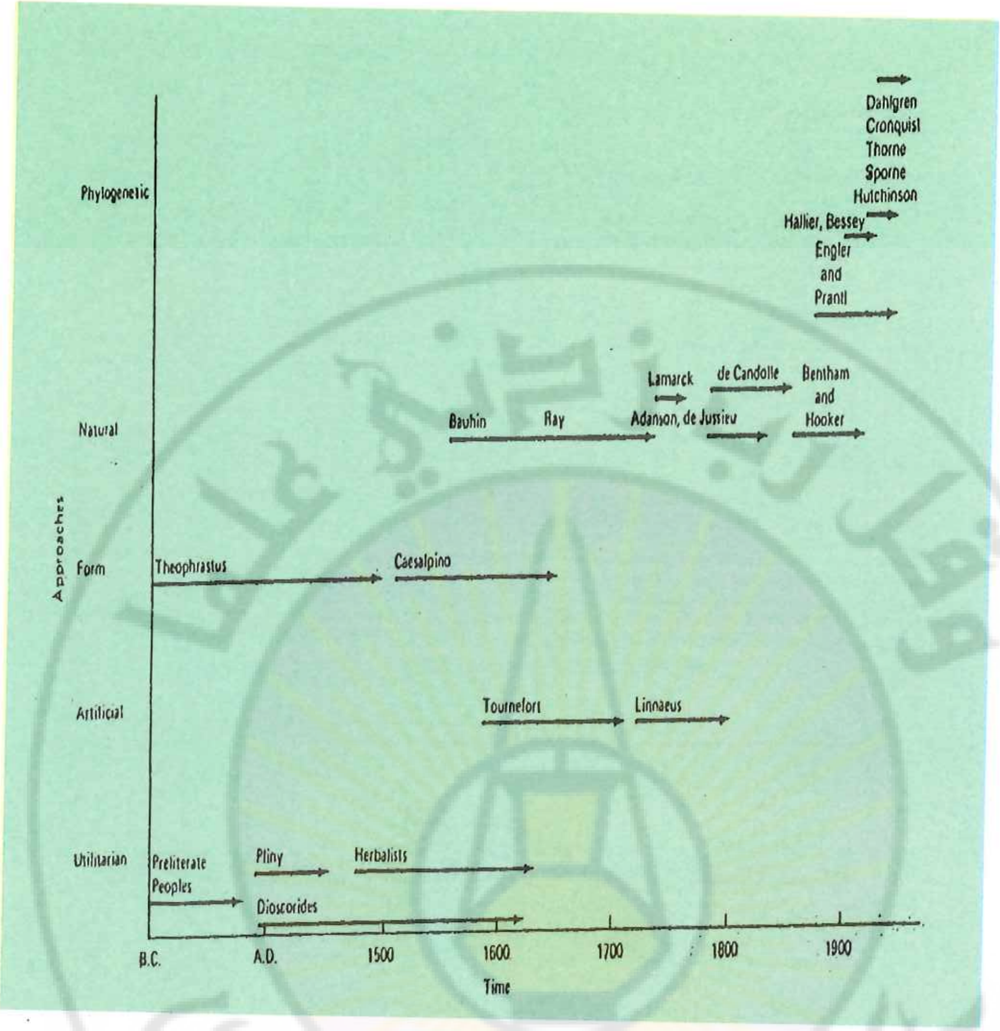
(شكل 1-4)

شجرة التطور الناتجة عن تحليل (46) مجموعة نباتية من الفصيلة المركبة

(حسب Jones et Youg عام 1983)

1-2-4 لمحة عامة عن التصنيف الحديث للمملكة النباتية ومستقبل تصنيف النباتات:

لقد لاحظنا من التصانيف المختلفة التي استعرضناها سابقاً والملخصة في الشكل رقم (1-5) صعوبة اعتماد تصنيف نهائي للعالم النباتي، ولكن يمكن القول أن جهود علماء التصنيف السلالي Phylogenetic (جدول رقم 1-1) قد أثمرت عن وضع الحلقات الأساسية في الهيكل العام للتصنيف النباتي المنشود: الشعب، الصفوف، الرتب، الفصائل.



(شكل 1-5): التطور التاريخي للنظم التصنيفية المختلفة (النفعي- الصنعي- الشكلي- الطبيعي- السلالي) بدءاً من قبل الميلاد حتى يومنا هذا

نشر ثمان وعشرون مُصنِّفاً نباتياً عام 1998 بحثاً بعنوان: تصنيف طبيعي للنباتات الزهرية "An Ordinal Classification of Flowering Plants". وقد اعتمد هؤلاء الباحثون في تصنيفهم هذا على تتابع النيكليوتيدات في

جزيء DNA, وعلى معلومات تطورية تتعلق بنظام الفروع, فأعادوا ترتيب فصائل النباتات الزهرية, وقد استخدمت هذه الطريقة من قبل Walter Judd وفريقه عام 1999. وقد بدأ استخدام هذه الطريقة بشكل شائع من قبل الكثير من الباحثين في التصنيف. ولتوضيح أهمية ذلك نشير إلى المثال الآتي:

تضم شعبة Magnoliophyta صفان: أحاديات وثنائيات الفلقة. وقد اعتمد بداية في هذا التصنيف على عدد فلقات البذرة, ولكن تبين في الواقع أن بعض النباتات المصنفة ضمن ثنائيات الفلقة, وبعض النباتات اللازهرية ذات بذور وحيدة الفلقة (وربما نجم ذلك من اتحاد الفلقتين)، وبالتالي فإن صف ثنائيات الفلقة لا يشكل وحدة متجانسة، على حين أن صف أحاديات الفلقة يشكل وحدة متجانسة. إن التصانيف الحديثة المبنية على الدراسات الجزيئية لاسيما التتابع النيكليوتيدي في جزيء DNA يمكن أن يأخذ ذلك بالحسبان, وبالتالي يمكن الوصول إلى إعادة ترتيب التصانيف المعتمدة للوصول إلى تصنيف أكمل.

إن وجود اختلافات جوهرية متعلقة بالحمض النووي الريبي RNA, محتوى الجدار الخلوي وخصائص أخرى بين مجموعتين من الجراثيم في مملكة Archaea, قد دفع غالبية المصنفيين لإيجاد ثلاث مجموعات تصنيفية فوق الممالك سميت Domains مجالات (نطاقات), فوضع معظم بدائيات النوى المعروفة ضمن مجال الجراثيم, بينما وضع بعض بدائيات النوى الأخرى ضمن مجال أركيا Archaea, على حين تم وضع جميع المتعضيات حقيقيات النوى ضمن مجال Eukarya. ونشير إلى أن تقسيم المجالات هذه لا يؤثر على التقسيمات من مستوى الممالك فما دون.

لقد اعتمدنا في كتابنا هذا على التصنيف المتمثل بالممالك الست .Woese et al (1980) بخطوطه الرئيسية (جدول رقم 1-3) وبرجي Bergey's عام 1986 وجون ورفاقه .Jones et al عام 1987 والذي يستند بشكل أساسي إلى مبدأ التطور ويعطي فكرة عن تطور هذا العالم النباتي.

(جدول رقم 1-3): تصنيف الأحياء في ثلاثة مجالات وست ممالك

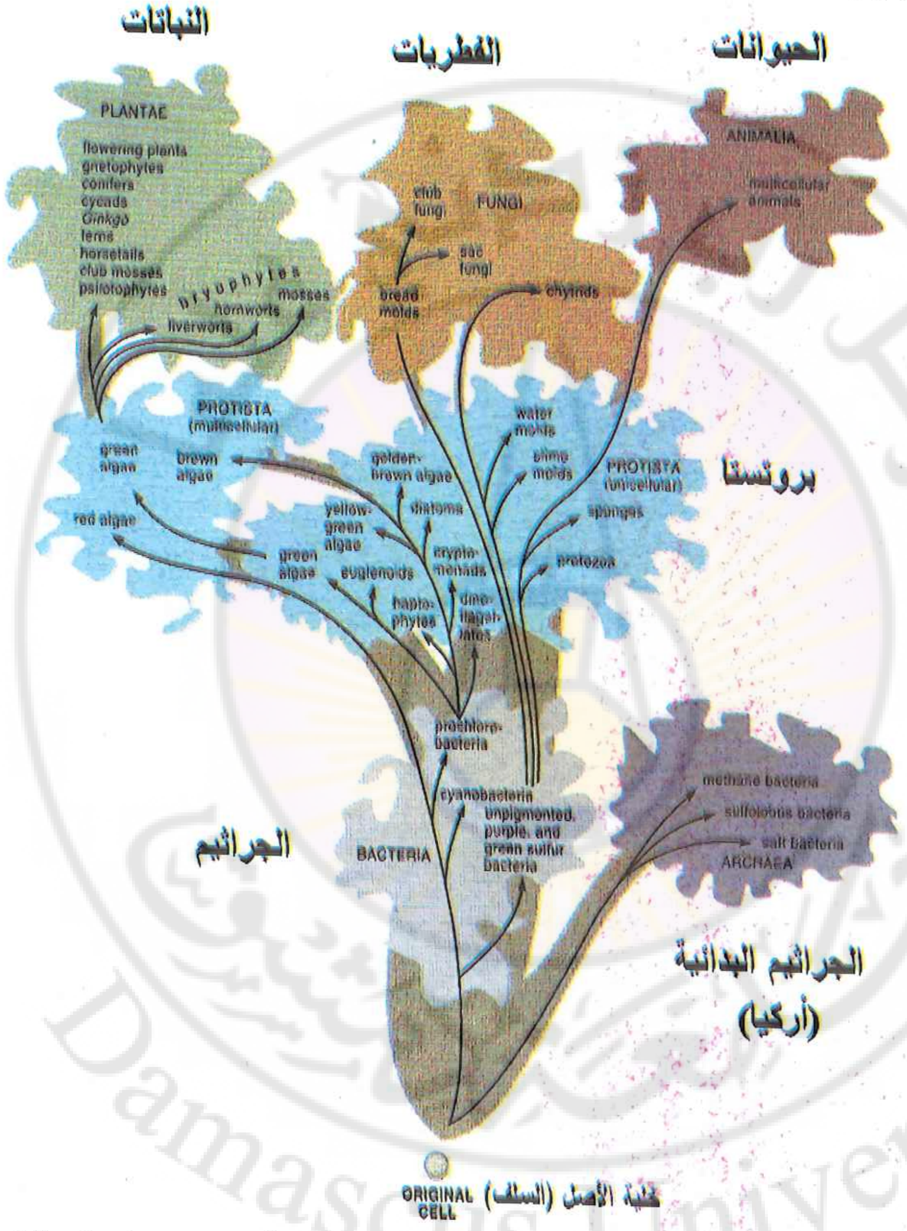
Domain Archaea	
Kingdom Archaea	مملكة أركيا
Phylum Archaebacteria (methane, salt, and sulfolobus bacteria)	
Domain Bacteria	
Kingdom Bacteria	مملكة الجراثيم
Phylum Eubacteria	الجراثيم الحقيقية
Class Eubacteriae(unpigmented,purple, and green sulfur bacteria)	
Class Cyanobacteriae (cyanobacteria)	الجراثيم الزرقاء
Class Chloroxybacteriae (chloroxybacteria)	
Domain Eukarya	
Kingdom Protista	مملكة بروتستا
Phylum Chlorophyta (green algae)	الطحالب الخضراء
Phylum Charophyta (stoneworts)	الطحالب الكارية
Phylum Euglenophyta (euglenoids)	الطحالب الأوغلينية
Phylum Xanthophyta (Yellow-green algae)	الطحالب الصفراء المخضرة
Phylum Chrysophyta = (Golden algae)	الطحالب الذهبية
Phylum Bacillariophyta (Diatoms)	المشطورات
Phylum Phaeophyta (Brown algae)	الطحالب السمراء
Phylum Pyrrophyta = Dinophyta (Dinoflagellates)	الطحالب النارية
Phylum Cryptophyta (Cryptomonads)	الطحالب المستخفية
Phylum Rhodophyta (red algae)	الطحالب الحمراء
Phylum Myxomycota	الفطريات المخاطية
Phylum Plasmodiophoromycota	الفطريات البلاسموديوفورية
Phylum Oomycota (water molds)	الفطريات البيضية
[Phylum Protozoa-protozoans]	الحيوانات الأوالي
[Phylum Porifera-sponges]	الإسفنجيات
Kingdom Fungi	مملكة الفطريات

Phylum Chytridiomycota (chytrids) الفطريات الكيتريدية
Phylum Zygomycota (coenocytic fungi) الفطريات الازدواجية
Phylum Ascomycota (sac fungi) الفطريات الزقية
[Lichens] الأشنات
Phylum Basidiomycota (club fungi) الفطريات الدعامية
Phylum Deuteromycota (imperfect fungi) الفطريات الناقصة
(الكثير يضمنها ضمن الفطريات الزقية)

Kingdom Plantae مملكة النباتات
Phylum Hepaticophyta (Liverworts) = Marchantiophyta الكبديات أو الماركانتيات
Phylum Anthocerotophyta (Horn worts) الأنتوسيرات
Phylum Bryophyta (Mosses) البريويات (الحزازيات)
Phylum Psilotophyta (Whisk ferns) بسيلوتات
Phylum Lycophyta = Lycopodiophyta (club mosses) ليكوبوديات (أرجل الذئب)
Phylum Equisetophyta (Horsetails) إيكويسيتوفيتا (أذناب الخيل)
Phylum Polypodiophyta (Ferns) = Filicophyta بولي بوديوفيتا (السراخس)
Phylum Pinophyta (Conifers)= Conifeophyta كونيفيروفيتا (المخروطيات أو الصنوبريات)
Phylum Ginkgophyta *(Ginkgo)* جنكوفيتا
Phylum Cycadophyta (Cycads) سيكادوفيتا
Phylum Gnetophyta *(Gnetum, Ephedra, Welwitschia)* غنيتوفيتا (الغنيتات)
Phylum Magnoliophyta (Flowering plants) ماغنوليوفيتا (النباتات الزهرية)
Class Magnoliopsida (Dicots) ماغنوليوبسيدا (ثنائيات الفلقة)
Class Liliopsida (Monocots) ليليوبسيدا (أحاديات الفلقة)
Kingdom Animalia (Multicellular animals) مملكة الحيوانات

ويشير الشكل رقم (1-6) إلى العلاقات المفترضة بين الممالك المختلفة وأهم المجموعات الحية فيها.

أما الفيروسات والتي لا تملك بنية خلوية ولا ميزات الأحياء الأخرى، فلم توضع في أي من التصانيف المشار إليها وتدرس حالياً مع الأحياء الدقيقة غير الجرثومية.


النباتات
الفطريات
الحيوانات
PLANTAE
flowering plants
gnetophytes
conifers
cycads
Ginkgo
ferns
horsetails
club mosses
psilotophytes
bryophytes
mosses
hornworts
liverworts
FUNGI
club fungi
sac fungi
bread molds
chytrids
ANIMALIA
multicellular animals
PROTISTA (multicellular)
green algae
brown algae
red algae
بروتستا
PROTISTA (unicellular)
water molds
slime molds
sponges
protozoa
golden-brown algae
diatoms
yellow-green algae
green algae
euglenoids
crypto-monads
hapto-phytes
dino-flagel-lates
prochloro-bacteria
cyanobacteria
unpigmented, purple, and green sulfur bacteria
BACTERIA
الجراثيم
methane bacteria
sulfolobus bacteria
salt bacteria
ARCHAEA
الجراثيم البدائية
(أركيا)
ORIGINAL CELL
خلية الأصل (السلف)

(شكل1-6): العلاقات المفترضة بين الممالك المختلفة وأهم المجموعات الحية فيها

الفصـــــل الثاني

التكاثر في المادة الوراثية

1-2 اكتشاف الفيروسات وتحديد طبيعتها.
2-2 الصفات العامة للفيروسات وبنيتها الدقيقة.
3-2 أشكال الفيروسات.
4-2 تكاثر الفيروسات.
5-2 أصل الفيروسات وأهميتها.
6-2 الفيروسات غير التقليدية وطرائق تكاثرها.
7-2 الفيروسات الطارئة.

الفصل الثاني

التكاثر في المادة الوراثية

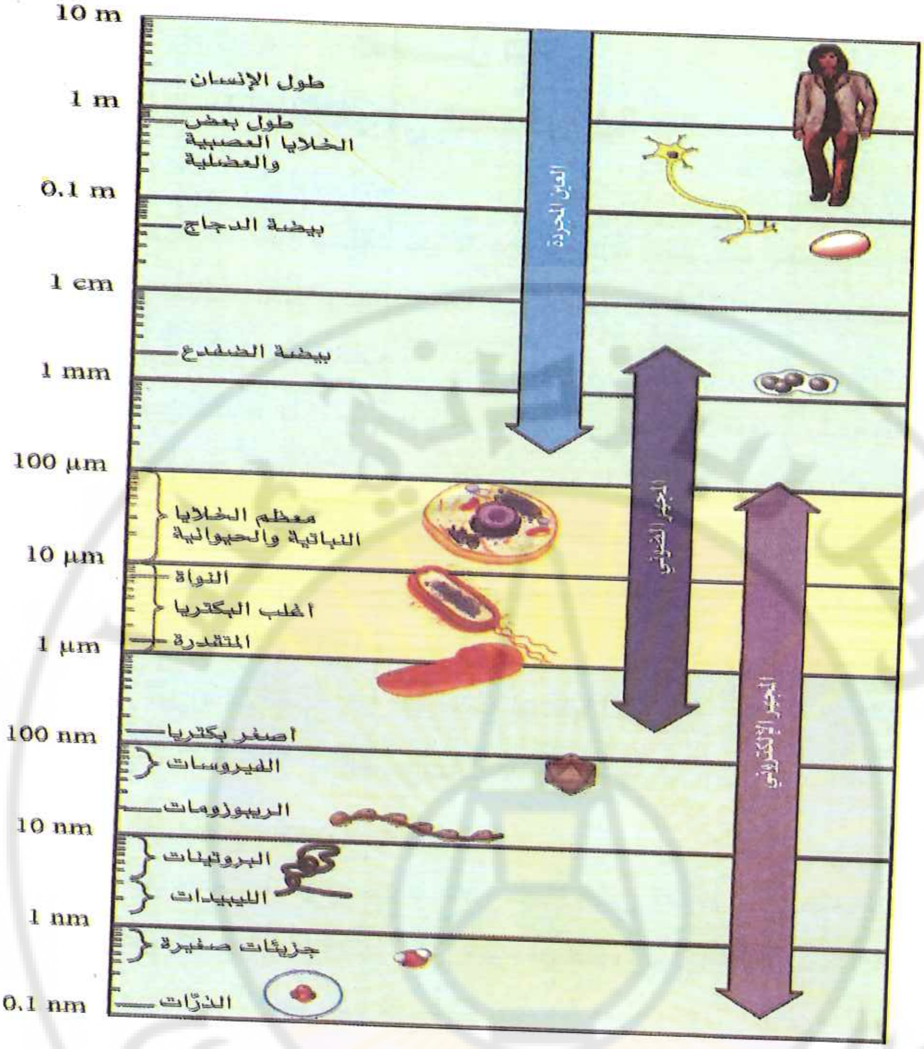
تتمتع الكائنات الحية بصفات تميزها عن الجمادات والبلورات الكيميائية، إلا أن اكتشاف الفيروسات Virus وتجارب العلماء عليها منذ عام 1884 وضعهم أمام أشكال وسطية بين الأحياء والجمادات.

يعد بعض العلماء الفيروسات من المواد غير الحية لأنها لا تتمتع بالصفات المميزة للكائنات الحية، وإنما تشترك معها فقط بقدرتها على التكاثر بنسخ نفسها وبذلك فهي تحوي على الجوهر الحقيقي للحياة بما تملكه من خصوبة مفرطة في المورثات، بالإضافة إلى أنها تظهر على شكل بلورات كيميائية، وكما اقترح ستانلي وفالنس Stanley & Valens عام 1935 فإن الفرق بين الفيروسات والبلورات الكيميائية يتجلى في كون الفيروسات تصبح حية فقط لحظة إصابتها للخلايا.

الفيروسات Viruses

2-1 اكتشاف الفيروسات وتحديد طبيعتها:

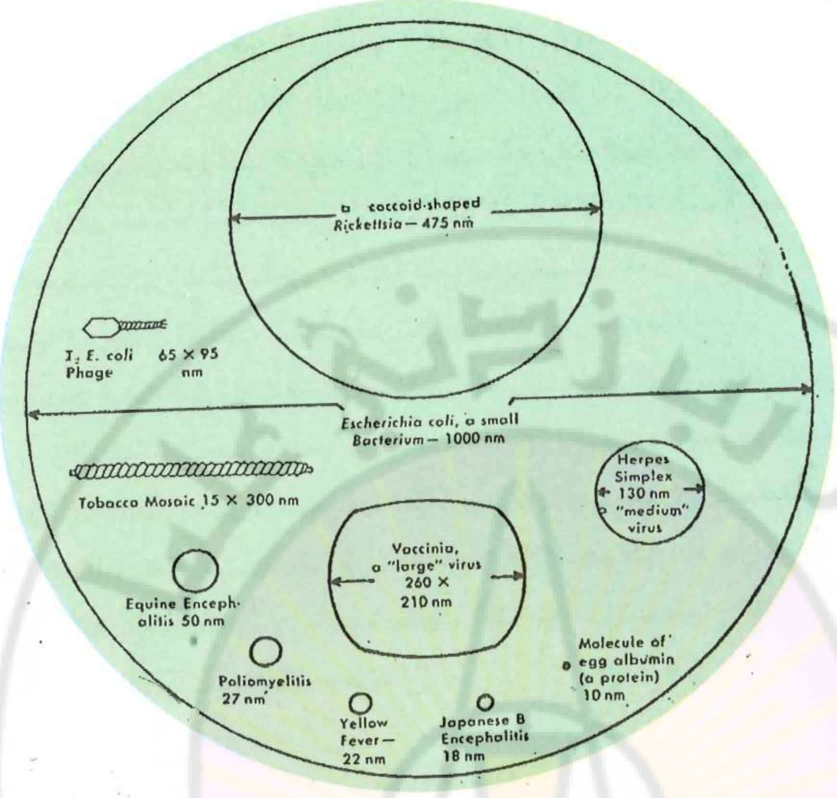
تشكل الفيروسات مجموعة كبيرة وغير متجانسة من العوامل الممرضة، التي تعيش متطفلة على النسج الحية، ومنها ما لا يسبب أي ضرر لخلايا المضيف كما هي الحال في عدوى نباتات التوليب بفيروس يكسبه خطوطاً جميلة متعددة الألوان بدلاً من اللون الواحد، كما تتميز جميعها بدقة حجمها لدرجة تسمح بمرورها عبر المرشحات الخزفية، لأن أكبر فيروس (جدري البقر Vaccinia مثلاً 200- 300 ميلي ميكرون) لا يزيد حجمه عن ربع حجم خلية العصيات الكولونية *E. Coli* التي يبلغ قطرها حوالي (1000) ميكرون (شكل رقم 2:1- a و b) إلا أنها تختلف عن بقية العوامل (الجراثيم والفطريات) بصعوبة عزلها ككائنات حية، وإنما تعزل على شكل بلورات كيميائية متعددة الأشكال، متباينة الحجوم، وفريدة من نوعها لأنها تجمع في خواصها بين عالمي الجماد والأحياء.


10 m
1 m
0.1 m
1 cm
1 mm
100 µm
10 µm
1 µm
100 nm
10 nm
1 nm
0.1 nm
طول الإنسان
طول بعض الخلايا العصبية والعضلية
بيضة الدجاج
بيضة الضفدع
معظم الخلايا النباتية والحيوانية
النواة
أغلب البكتريا
المتقدرة
أصغر بكتريا
الفيروسات
الريبوزومات
البروتينات
الليبيدات
جزيئات صغيرة
الذرّات
العين المجردة
المجهر الضوئي
المجهر الإلكتروني

القياسات

1 centimeter (cm) = 10^{-2} meter (m) = 0.4 inch
1 millimeter (mm) = 10^{-3} m
1 micrometer (µm) = 10^{-3} mm = 10^{-6} m
1 nanometer (nm) = 10^{-3} µm = 10^{-9} m

الشكل رقم 1:2 -a: **مخطط** لمقارنة حدود حجم الخلايا والفيروسات والجزيئات الكيميائية. تتراوح أقطار معظم الخلايا بين 1-100 ميكرومتر (المنطقة الصفراء من الشكل)، وبذلك لا يتسنى رؤيتها دون مجهر. لاحظ أن المقياس في الجانب الأيسر هو مقياس لوغاريتمي كي يوائم مدى الحجوم المبينة. يبدأ في أعلاه بعشرة أمتار ثم يهبط كل قياس مرجعي ليشير إلى تناقص قدرة عشرة أمثال من حيث القطر أو الطول.


a coccoid-shaped
Rickettsia — 475 nm
T2 E. coli Phage 65 × 95 nm
Escherichia coli, a small Bacterium — 1000 nm
Tobacco Mosaic 15 × 300 nm
Herpes Simplex 130 nm a "medium" virus
Vaccinia, a "large" virus 260 × 210 nm
Equine Encephalitis 50 nm
Poliomyelitis 27 nm
Molecule of egg albumin (a protein) 10 nm
Yellow Fever — 22 nm
Japanese B Encephalitis 18 nm

الشكل رقم 1:2- b

مخطط لمقارنة الأبعاد النسبية للفيروسات

قارن الدائرة الكبيرة التي تمثل جرثوم عصوي صغير هو E. Coli (قطرها حوالي 1000 ميلي ميكرون) مع بعض الأنواع الفيروسية، وجرثوم الريكتسيا

يعد الطبيب Jenner أول من استعمل لقاح جدري البقر عام 1796 م ضد الإصابة بجدري الإنسان دون أن يدرس الفيروس نفسه، أما اكتشاف هذه الفيروسات فقد لاح منذ التجارب التي أجراها باستور Pasteur على داء الكلب Rabies عام 1864 م، وإيفانوفسكي Ivanowski عام 1892 وبيجيرنك Beijerinck عام 1898م على مرض فيسفساء التبغ V.M.T . ثم جاءت بعض الإقتراحات التي عدت الفيروس كائناً دقيقاً يقع خارج نطاق مدى الرؤية المجهرية المعروفة آنذاك

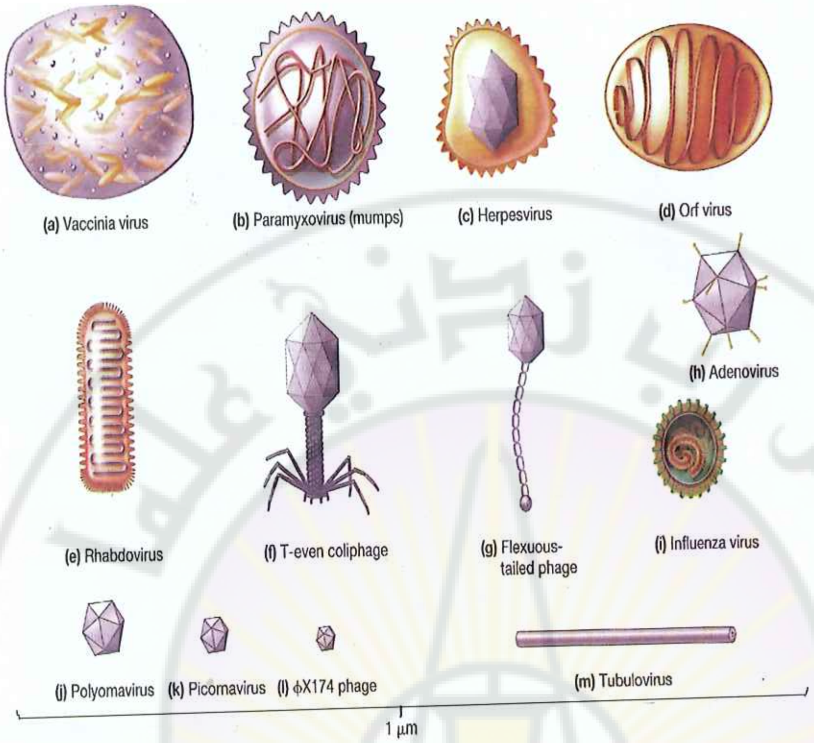
(Twort, D' Herelle عام 1918)، أو عاملاً كيميائياً ينتج عن اختلال في خلايا المضيف ذاتها، وله القدرة على إكثار نفسه (Duggar, Karrer عام 1921)، إلى أن تمكن العالمان ستانلي Stanly عام 1935 وبيست Best عام 1939 من الحصول على بلورات فيروس موزائيك التبغ، وبينا أن لهذه البلورات الفيروسية القدرة على التضاعف داخل الخلايا الحية بعكس بلورات بقية المواد الكيميائية السامة، وبهذا يمكن اعتبار الفيروسات بروتينات متبلورة شديدة العدوى، وتتميز عن الكائنات الحية بتخصصها في انتقال الصفات الوراثية عن طريق الأحماض النووية.

ومنذ ذلك الوقت أمكن اكتشاف الأمراض التي تسببها الفيروسات للإنسان والحيوان والنبات، كما وجد أن منها ما يصيب الجراثيم وتسمى بملتهمات الجراثيم Bacteriophages وأخرى تصيب الطحالب أو الجراثيم الزرقاء وتسمى Cyanophyages والتي اكتشفت لأول مرة عام 1963 من قبل سافرمان وموريس Safferman and Morris ، ومنها ما يصيب الفطريات وتسمى Mycophages والتي اكتشفت عام 1957 من قبل سندن.

2-2 الصفات العامة للفيروسات وبنيتها الدقيقة:

قبل التمكن من دراسة الشكل الظاهري للفيروسات باستعمال المجهر الالكتروني، كانت الإصابات الفيروسية تلاحظ على أساس وجود أجسام مكتنفة أو غريبة داخل سيتوبلاسما أو نواة الخلايا المصابة أو كلتاهما معاً، إلا أن أهميتها للفيروس وطبيعة تكونها ما زالت غير معروفة حتى الآن، وتعرف حالياً بأنها تجمعات لوحدات فيروسية، تنمو داخل خلايا المضيف، ويمكن استعمالها مخبرياً لإحداث الإصابة في الخلايا السليمة.

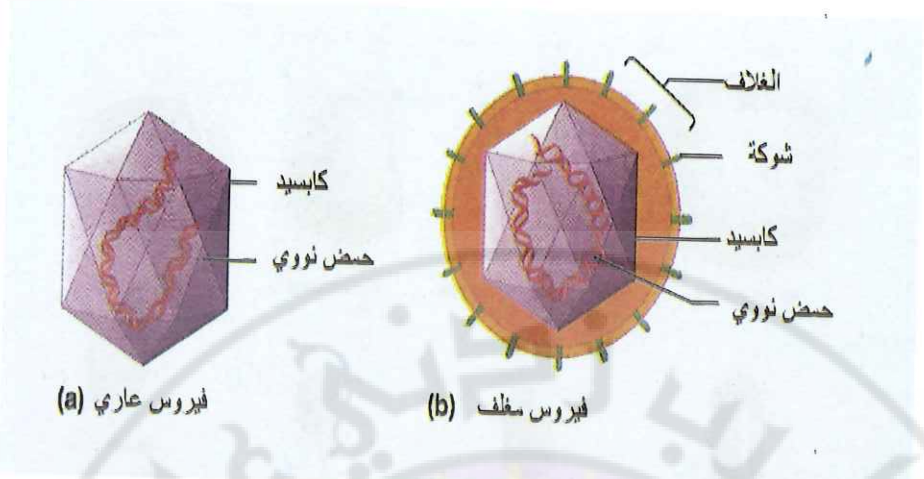
لقد سمح استعمال المجهر الإلكتروني بمزيد من دراسة الشكل الظاهري وتحديد الأبعاد النسبية للفيروسات (شكل رقم 2-2)، كما سمح بدراسة التركيب الداخلي للجزيئة أو الوحدة الفيروسية المعروفة باسم الفيريون Virion وذلك بعد تكبيرها لما يقرب من مليون مرة.


(a) Vaccinia virus
(b) Paramyxovirus (mumps)
(c) Herpesvirus
(d) Orf virus
(h) Adenovirus
(e) Rhabdovirus
(f) T-even coliphage
(g) Flexuous-tailed phage
(i) Influenza virus
(j) Polyomavirus
(k) Picornavirus
(l) ϕX174 phage
(m) Tubulovirus
1 μm

الشكل رقم 2:2

حجم وشكل بعض الفيروسات الحيوانية والنباتية وملتهمات الجراثيم

يتركب الفيريون البسيط كما يوضح الشكل رقم (2-3) من جزء مركزي مكون من أحماض نووية محاطة بغلاف من البروتين يعرف باسم كابسيد Capsid يتكون بدوره من وحدات تعرف باسم Capsomeres، تترتب وفق نظام خاص، ويطلق على هذا التركيب اسم الفيريون العاري، تمييزاً له عن الفيريون المحاط بغلاف آخر Envelope شحمي أو شحمي بروتيني مما يجعله شديد الحساسية للمواد المذيبة كالكلوروفورم والمنظفات. كما قد يحتوي على قليل من المعادن ومواد شبيهة بالفيتامينات.


كابسيد
حمض نووي
فيروس عاري (a)
الغلاف
شوكة
كابسيد
حمض نووي
فيروس مغلف (b)

الشكل رقم 3:2

الوحدة الفيروسية المعروفة باسم Virion

a- فيريون عاري

b- فيريون مغلف

تحتوي الفيروسات إما على الـ RNA أو على الـ DNA أي لا يوجد الحمضان معاً في الفيروس نفسه، خلافاً لما هو معروف عن وجود كلا الحمضين في الخلايا الحية الأخرى. وتختلف الفيروسات في محتوياتها من هذين الحمضين إذ توجد أربعة نماذج فيروسية تضم سلاسل حلزونية مفردة (أحادية السلسلة ss) أو مزدوجة (ثنائية السلسلة ds) من الدنا DNA أو الرنا RNA.

ويوضح الجدولين رقم 4 و5 الصفات الأساسية لكل من الفيروسات المحتوية على الدنا DNA أو الرنا RNA.

الجدول /4/ الصفات الأساسية للفيروسات المحتوية **DNA**.

الفصيلة	الغلاف	شكل الفيريونات	أبعاد الفيريونات نانومتراً	الكتلة الجزيئية لـ DNA MW $(X\ 10^6)$	بنية DNA *
فيروسات الجدري	موجود	معقد	400 - 250	250 - 85	ds ، خطي
فيروسات الاريدو	موجود	عشروني السطوح	300 - 125	250 - 100	ds ، خطي
فيروسات الحلأ	موجود	عشروني السطوح	200 - 100	150 - 80	ds ، خطي
الفيروسات الغدية	معدوم	عشروني السطوح	90 - 70	25 - 20	ds ، خطي
فيروسات البابوفا	معدوم	عشروني السطوح	55 - 45	5 - 3	ds ، حلقي مفرد الالتفاف
الفيروسات DNA الكبدية	موجود	عشروني السطوح	42	1.5	ds ؛ حلقي، غير كامل
الفيروسات الصغيرة	معدوم	عشروني السطوح	22	2	ss ، خطي

ss أحادي السلسلة.

ds ثنائي السلسلة.

جدول /5/ الصفات الأساسية للفيروسات المحتوية على RNA

الفصيلة	الغلاف	شكل الفيريونات	أبعاد الفيريونات نانومتراً	الكتلة الجزيئية لـ RNA (X 10^{6}) MW	بنية RNA *
فيروسات الريو	معدوم	عشروي السطوح	75	15	ds خطي 12 - 10 جزء
فيروسات البرنا					ds، جزءان
فيروسات التوغا	موجود	عشروني السطوح	60	4	ss ، خطي، إيجابي القطبية
الفيروسات الاكليلية	موجود	حلزوني	100	5	ss، خطي، إيجابي القطبية
الفيروسات نظيرة المخاطية	موجود	حلزوني	150	4	ss، خطي، سلبي القطبية
الفيروسات العصوية	موجود	حلزوني	180 x 75	4 - 3	ss، خطي، سلبي القطبية
الفيروسات الخيطية	موجود	حلزوني			ss، خطي، سلبي القطبية
الفيروسات المخاطية السوية	موجود	حلزوني	120 - 80	5	ss، خطي، 8أجزاء، سلبي القطبية
فيروسات البونيا	موجود	حلزوني	100	5	ss، حلقي، 3أجزاء، سلبي القطبية
فيروسات الرمل	موجود		130 - 110	5	ss، حلقي، جزءان، سلبي القطبية
الفيروسات الارتكاسية	موجود	عشروني السطوح	100	6	ss، خطي، جزءان، إيجابي القطبية
فيروسات RNA الصغيرة	معدوم	عشروني السطوح	28	2.5	ss، خطي، إيجابي القطبية
فيروسات الكاليسي	معدوم	عشروني السطوح	38	2.7	ss، خطي، إيجابي القطبية

* ss أحادي السلسلة، ds ثنائي السلسلة.

2-3 أشكال الفيروسات:

إن أهم ما يميز الفيروسات هو انتظام وحداتها بأشكال وأحجام خاصة. وقد أوضحت دراسات المجهر الالكتروني أن هذه الأشكال والأحجام إنما تنتج عن التنظيم الفراغي للبروتينات (الكابسيدات) المحيطة بالحمض النووي الفيروسي. والتي يمكن تصنيفها وفق الأنماط التالية:

أ- فيروسات ذات تناظر حلزوني أو كابسيدات حلزونية:

تميز معظم الفيروسات النباتية، ومثالها فيروس موزائيك التبغ الذي عزله العالم ستانلي بشكله الكريستالي عام 1936 وهو عبارة عن لولب أسطواني يكون الحمض النووي RNA محوره، بينما تلتف الكابسوميرات حول هذا الحمض على شكل لولب يتميز بلفاته الضيقة للغاية، وبذلك تبدو كل كابسوميرة منها كدرجة في سلم لولبي. وتدل دراسات المجهر الإلكتروني وأشعة X على أن قطر العصية يتراوح من 15-18 نانو متر وطولها نحو 300 نانو متر (شكل رقم 4:2-a). وتجدر الإشارة أن فيروس موزائيك التبغ يصيب 9 أنواع من الأنواع النباتية نذكر منها البندورة والفلفل والخيار وعدداً من أزهار الزينة مسبباً خسائر كبيرة في المحاصيل، إلا أنه لا يؤثر في الحيوانات.

ب- فيروسات ذات تناظر مكعبي أو كابسيدات شبه كروية:

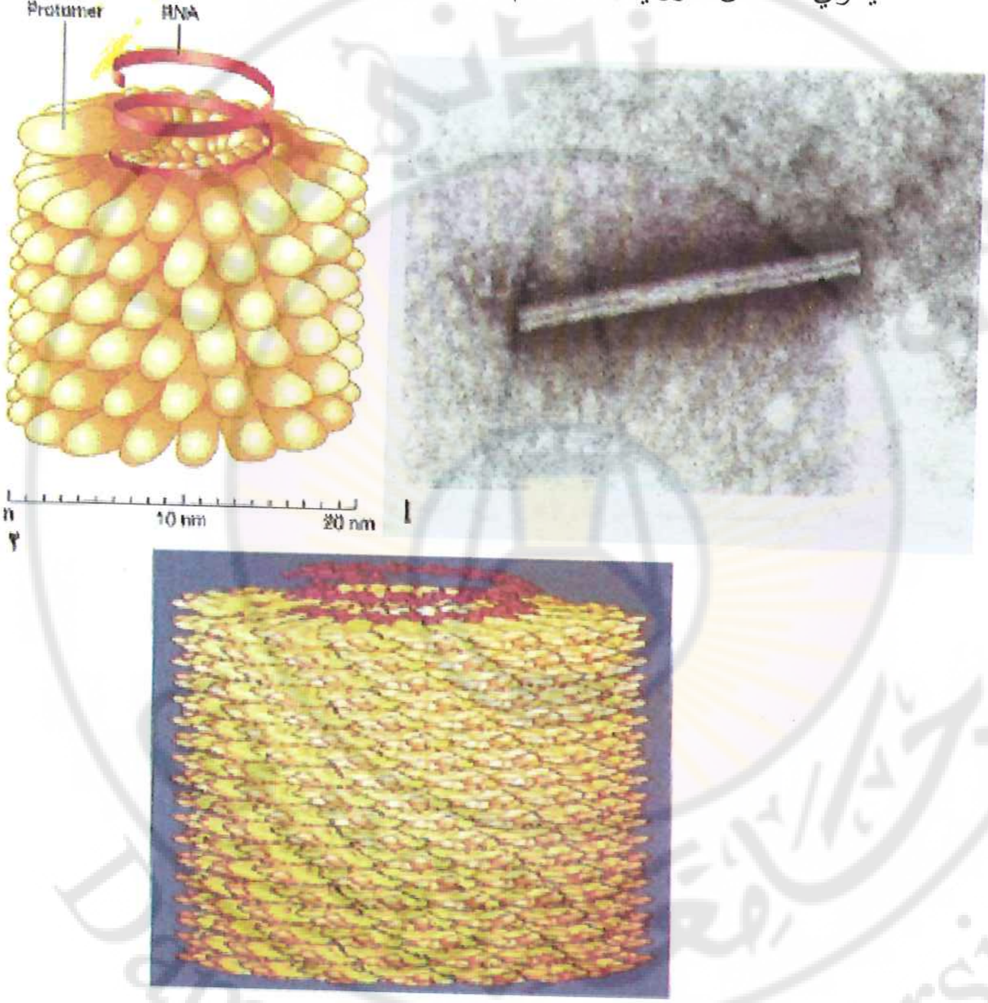
تتوزع الكابسوميرات في هذه الفيروسات على شكل مجسمات متعددة الوجوه، ذات تناظر مكعبي وسطوح مثلثية، فتأخذ شكلاً كروياً أو شبه كروي إذا كان عدد الوحدات /60/ كابسميرة فما دون. وتأخذ شكلاً عشروني الوجوه عندما يزيد العدد على ذلك، كما في الفيروسات الغدية Adenvirus التي يتألف كابسيد فيروسها من 252 كابسوميرة (شكل رقم 4:2-b).

جـ- فيروسات ذات كابسيدات معقدة:

تأخذ هذه الفيروسات أحد النمطين التاليين:

الأول: ومثاله فيروس الانفلونزا Influenza virus حيث لا نجد كابسيداً محدداً وواضحاً بل أغلفة عديدة بروتينية تحيط بالحمض النووي (شكل رقم 2:4- C).

الثاني: ويتمثل في ملتهمات الجراثيم Bacteriophage المتكونة من رأس يحوي الحمض النووي وذيل يضم ملحقات مختلفة (شكل رقم 2:4- D).

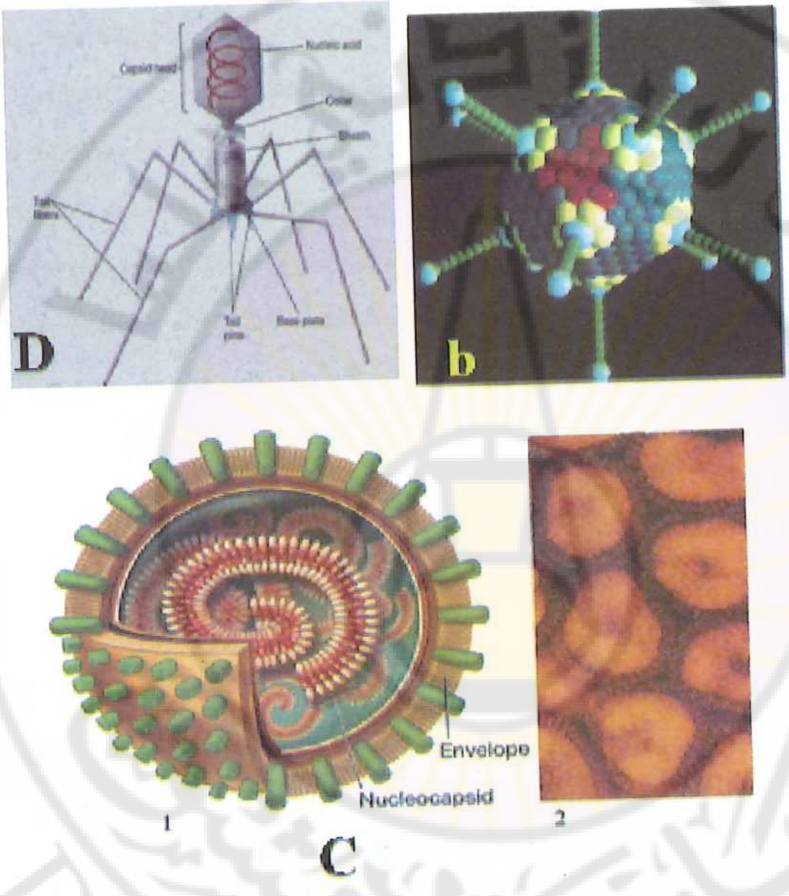


شكل رقم 2:4-a

بنية فيروس موزائيك التبغ ذي التناظر الحلزوني Tobacco Mosaic

د- فيروسات ذات فيريونات غير كاملة:

لقد أظهرت الدراسات المختلفة وجود مكونات فيروسية متلفة (كابسيدات فارغة، بروتين شبيه بالبروتين الفيروسي) مرافقة للفيريونات الكاملة في وسط هذه التحضيرات، تختلف في بنيتها وتركيبها عن الفيروس الأصلي، كما تختلف أيضاً في طريقة إصابتها للخلايا الحية.


Capsid head
Nucleic acid
Collar
Sheath
Tail fibers
Tail pins
Base plate
D
b
Envelope
Nucleocapsid
1
2
C

الشكل رقم 4:2

مخطط يوضح أشكال الفيروسات

b- فيروسات ذات تناظر مكعبي (فيروس غدي Adeno virus)

C- فيروسات ذات كابسيد معقد (فيروس الانفلونزا Influenza)

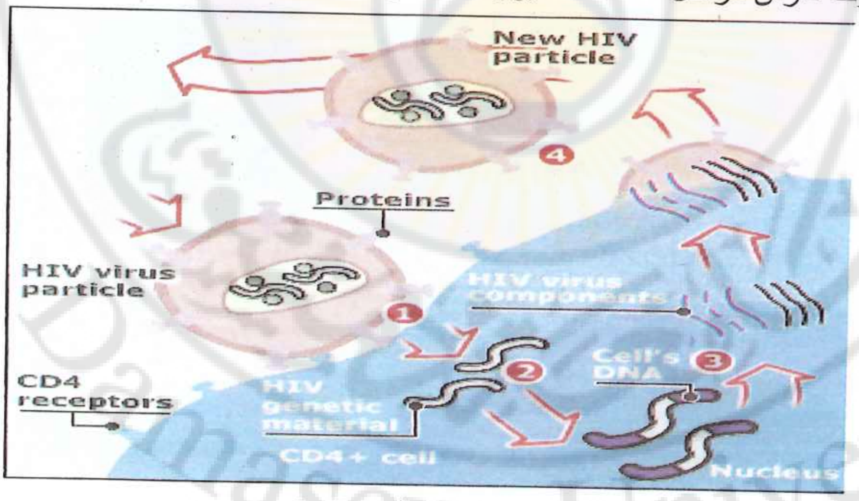
D - فيروسات ذات كابسيد معقد (ملتهم الجراثيم Bacteriophage)

2-4 تكاثر الفيروسات:

لا تملك الفيروسات القدرة على التكاثر أو القيام بأية نشاطات استقلابية خارج جسم المضيف. وبما أنها طفيليات إجبارية فهي بحاجة إلى خلايا الكائنات الحية الأخرى كي تستطيع التكاثر وتشكيل الجزيئات الفيروسية الكاملة.

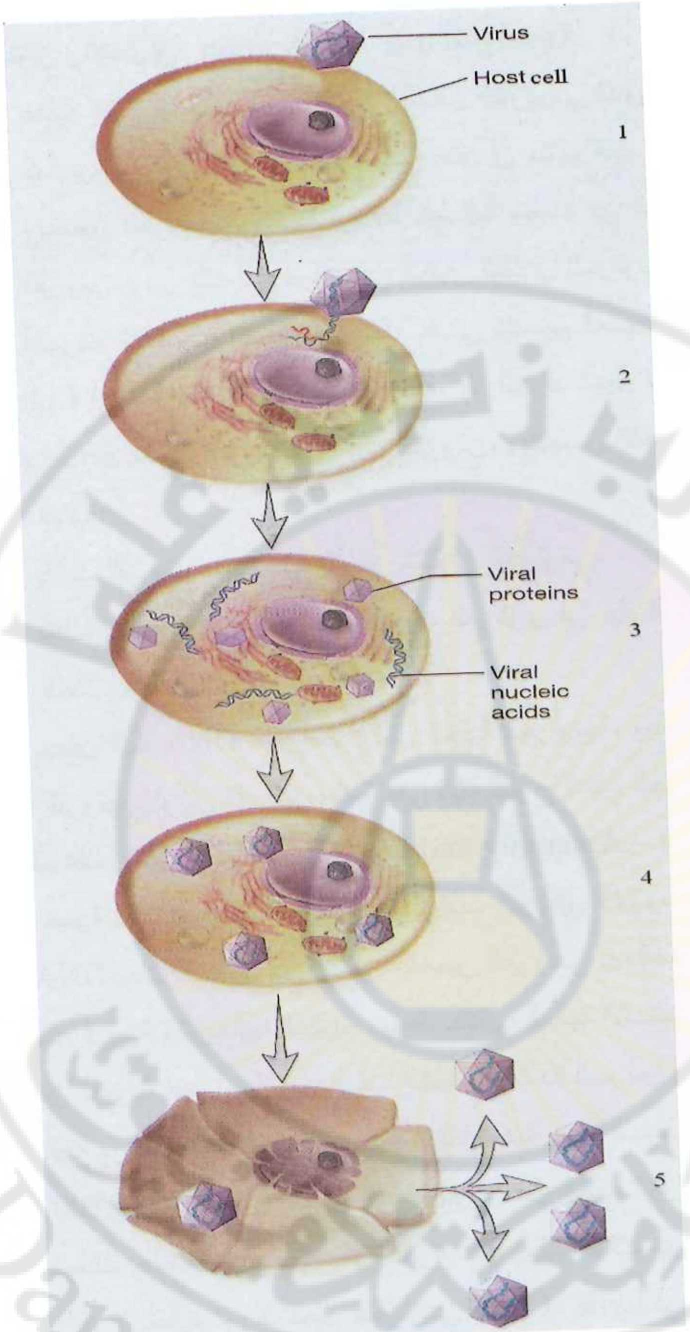
تتكاثر الفيروسات بمادتها الوراثية فقط، أي بعملية نسخ لحمضها النووي، ولذلك يطلق على هذه العملية التضاعف أو Replication تمييزاً لها عن عملية التكاثر Reproduction التي تخص الكائنات الحية الأخرى والتي تشترك فيها جميع المكونات الخلوية.

لقد درست عملية التضاعف الفيروسي بشكل واسع في ملتهمات الجراثيم Bacteriophage فوجد أنها تطابق ما يحدث عند إصابة خلايا حقيقيات النوى بالفيروسات المختلفة. ولكن وجود عدد كبير من الفيروسات الحيوانية في الطبيعة يحتم وجود نماذج فيروسية معقدة، وبالتالي فقد يحدث تضاعف الفيروسات في السيتوبلاسما، وقد يحدث في النواة، أو في الاثنين معاً (شكل رقم2:5 – b, a)، وبهذا نجد عدة نماذج لآلية تضاعف الفيروسات تتضمن جميعها عدة مراحل مشتركة. وسوف ندرس مراحل تضاعف الفيروسات الجرثومية بالتفصيل:


New HIV particle
4
Proteins
HIV virus particle
1
HIV virus components
CD4 receptors
HIV genetic material
2
Cell's DNA
3
CD4+ cell
Nucleus

الشكل رقم 2:5-b

تكبير لتضاعف فيروس الإيدز HIV / AIDS


Virus
Host cell
1
2
Viral proteins
3
Viral nucleic acids
4
5

الشكل 2:5- a

تضاعف الفيروسات وتحلل الخلية المصابة

1- الامتزاز والاختراق: Adsorption & Penetration

تعد عملية الامتزاز المرحلة الأولى في التحلل الجرثومي الذي يسببه ملتهم الجراثيم كما يوضح الشكل رقم (6:2). حيث يعتقد أن ملتهم الجراثيم يقترب من الجرثوم ويدمص على سطحه نتيجة لروابط كيميائية محددة بين الشوارد الموجودة في ذيل الفيروس، وبين تلك الموجودة على الجدار الخلوي للجرثوم.

لقد أظهرت الدراسات التي أجريت على ملتهم العصيات الكولونية Coliphage أن آلية الاختراق ميكانيكية بحتة، إلا أنها قد تسهل بوساطة أنزيمة الليزوزيم Lysozyme الموجودة في ذيل الفيروس، وينتهي الاختراق بانتهاء المراحل التالية:

- يتثبت الفيروس بذيله على الجدار الخلوي الجرثومي.
- يتقلص غمد الذيل بشكل يُمكّن الجزء المركزي في ذيل الفيروس من ثقب الجدار الخلوي.
- يحقن الدنا DNA الفيروسي داخل الخلية الجرثومية، وبذلك يبقى الغلاف البروتيني لرأس الفيروس، كما يبقى ذيله خارج الخلية الجرثومية.

2- التضاعف، التجميع والتحلل: Replication – Assembly and Lysis

تتم عملية تضاعف الحمض النووي وتركيب البروتين الفيروسي بعد حقن الدنا DNA مباشرة، حيث يسخر هذا الحمض الفيروسي لصالحه ATP الخلية وجسيماته الريبية وأنزيماتها الخلوية ويثبط بالتالي أفعالها الاستقلابية، ويشكل الحموض النووية الفيروسية وبروتينات الكابسيد التابعة للرأس والذيل. وبعد (25) دقيقة من الإصابة تتجمع البروتينات الكابسيدية حول الدنا DNA مشكلة حوالي 200 وحدة فيروسية وتؤدي إلى انفجار وتحلل الخلية الجرثومية، محررة بذلك ملتهمات جديدة في الوسط، ولها القدرة على إصابة خلايا جرثومية جديدة.

- ولكن قد لا تحدث دورة التحلل الجرثومي Lytic Cycle في بعض الأنواع من الملتهمات التي تسمى بالملتهمات المعتدلة حيث تحدث ظاهرة الليزوجيني أو الدورة غير الحالة (الاستذابة) Lysogenic Cycle بين الفيروس والجرثوم،

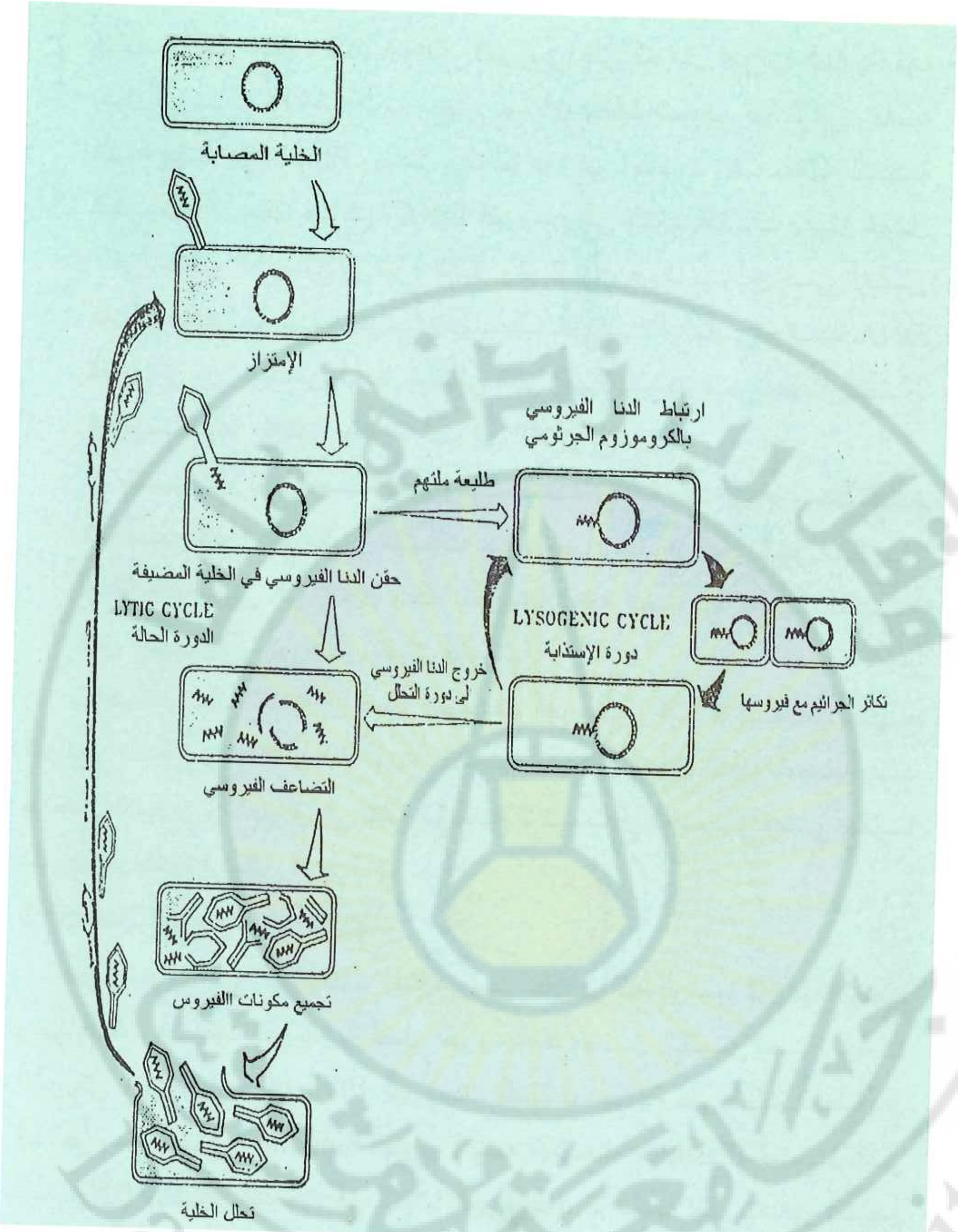
فبالإضافة إلى سيطرة الدنا DNA الفيروسي على العوامل الوراثية الخلوية، فإنه يدخل في دنا DNA الجرثوم، وتنضم مورثاته للخيط الصبغي الجرثومي وكأنه طليعة ملتهم Prophage ويتدخل والحالة هذه في العمليات الاستقلابية للخلية الجرثومية، ثم ينتقل هذا الدنا DNA الفيروسي إلى الخلايا البنات ومن جيل لآخر، بمعنى أنه يصبح وراثياً (الشكل رقم 6:2) وهو ما يؤدي إلى الإنتان المزمن، ولكن قد يحدث أحياناً ولأسباب مجهولة أن يخرج الدنا DNA الفيروسي من جديد من الخيط الصبغي الجرثومي ويدخل في حلقة التحلل الموضحة سابقاً ويكون بذلك قد أدى إلى الإنتان الكامن.

يكتسب الجرثوم المصاب بالفيروسات المعتدلة مناعة ضد أي فيروسات جديدة كما يصبح قادراً على تكوين ملتهمات جديدة أيضاً، هذا وقد أمكن مخبرياً تحويل حادثة الليزوجيني إلى التحلل وذلك بتعريض الخلية الجرثومية المصابة للأشعة فوق البنفسجية أو إلى بعض المواد الكيميائية.

وتؤكد الدراسات العلمية أن عملية التضاعف الفيروسي قد لا تتضمن جميع المراحل السابقة، وإنما قد يحدث أحياناً ولأسباب عديدة أن تتحول الخلية المصابة بعد مرحلتي الامتزاز والاختراق إلى خلية سرطانية لا تلبث أن تنقسم وتعطي خلايا مشوهة سرطانية (شكل رقم 7:2).

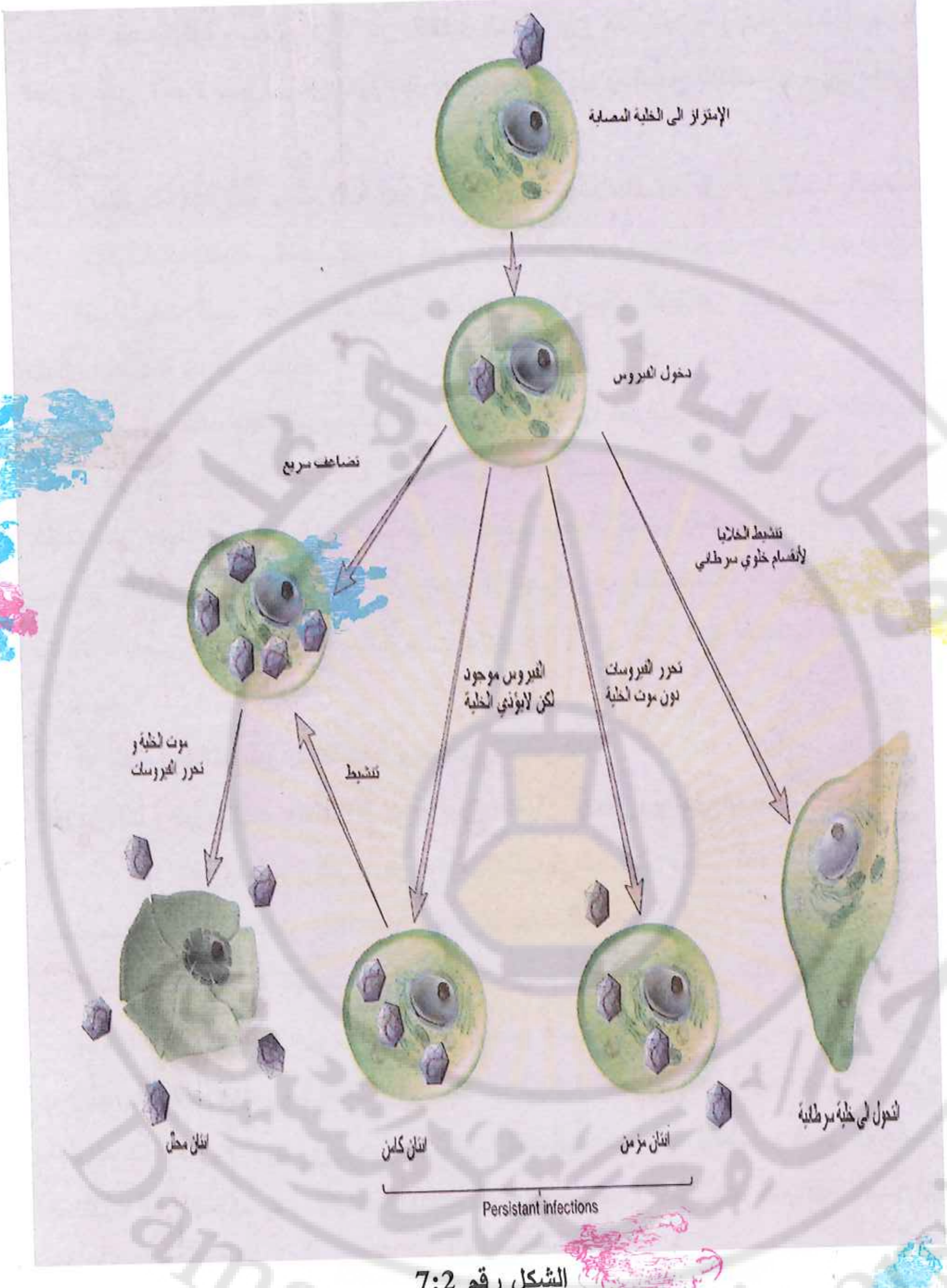
2-5 أصل الفيروسات وأهميتها:

تعتمد معرفة أصل الفيروسات بشكل رئيسي على دراسة عواملها الوراثية، وبنيتها وتضاعفها، وهذا يقود إلى مقارنة أصل الفيروسات بأصل الخلية الحية. ويعد الأمريكي LURIA ورفاقه 1978 الفيروسات طفيليات اجبارية على الخلية الحية، أو أنها جزء من الجينيوم Genome الخلوي (يشبه البلاسميد Plasmide المتمثل في الدنا DNA الإضافي الموجود في الخلايا الجرثومية)، قد أصابه خلل بتأثير بعض العوامل المحيطة، فانفصل عنها وأصبح ممرضاً، بل وربما يمكن اعتبار أن الفيروسات تشكل الاثنين معاً.


الخلية المصابة
الإمتزاز
حقن الدنا الفيروسي في الخلية المضيفة
LYTIC CYCLE
الدورة الحالة
التضاعف الفيروسي
تجميع مكونات االفيروس
تحلل الخلية
طليعة ملتهم
ارتباط الدنا الفيروسي بالكروموزوم الجرثومي
LYSOGENIC CYCLE
دورة الإستذابة
تكاثر الجراثيم مع فيروسها
خروج الدنا الفيروسي لى دورة التحلل

الشكل رقم 6:2

تضاعف الفيروسات الجرثومية أو دورة التحلل الجرثومي Lytic Cycle ، والدورة غير الحالة Lysogenic Cycle


الإمتزاز الى الخلية المصابة
دخول الفيروس
تضاعف سريع
تنشيط الخلايا لانقسام خلوي سرطاني
الفيروس موجود لكن لايؤذي الخلية
تحرر الفيروسات دون موت الخلية
موت الخلية و تحرر الفيروسات
تنشيط
انتان محلل
انتان كامن
انتان مزمن
التحول الى خلية سرطانية
Persistant infections

الشكل رقم 7:2

النماذج المختلفة لإصابة الخلايا الإنسانية والحيوانية بالفيروسات

فإذا عددنا الفيروسات جزءاً من الخلية الحية، فإن هذا الجزء (كما أسلفنا) يملك القدرة على الحياة بمعزل عن بقية أجزاء الخلية، لا بل يستطيع الانتقال من خلية لأخرى.

وبمقارنة هذا الجزء مع بقية أجزاء الخلية، فإننا نلاحظ أنه أقل ارتباطاً بالجملة الخلوية المتكاملة والمتناسقة من غيره من الأجزاء. ولذلك يعزل علماء البيولوجيا الفيروسات نسبياً عن العالم الحي، بحجة أنها لا تملك المظاهر البيولوجية التي تشكل مجتمعة جوهر الحياة.

ولكن مع ذلك، تعد الفيروسات هامة بيولوجيا لأنها تصيب جميع خلايا الكائنات الحية، فترتبط مع مورثات الخلية الحية المضيفة، وتسبب تغيراً في نمطها الوراثي إذا كانت غير محللة وتؤدي إلى تحطيمها إذا كانت محللة. كما يمكن استعمالها في تحضير اللقاحات لعدد كبير من الأمراض (الجدري، الحصبة، شلل الأطفال) باستثناء بعض اللقاحات الخاصة (مثل الانفلونزا) التي ما زالت لقاحاتها غير فعالة أو دائمة.

2-6 الفيروسات غير التقليدية وطرائق تكاثرها:

الفريودات والبريونات Viroids and Prions: أبسط العوامل المعدية

تعد الفيروسات رغم صغرها وبساطتها قزمة أمام صف آخر من العوامل الممرضة هي الفريودات Viroids وهي جزئيات حلقية من الرنا، بطول عدة مئات من النكليوزيدات فقط، تصيب النباتات بالعدوى. واحدٌ من أمراض هذه الفريودات أباد ما يناهز عشرة ملايين من أشجار جوز الهند في الفيليبين. لا ترمز الفريودات بروتينات وإنما بمقدورها التناسخ في الخلايا النباتية المضيفة، مستخدمة في الظاهر الأنزيمات الخلوية. ويبدو أن جزيئات الرنا الصغيرة تسبب أخطاء في الأجهزة المنظمة التي تتحكم بنمو النبات، ولذلك تكون الأعراض النموذجية المرافقة لأمراض الفريودات شذوذاً في التطور، وقصوراً في النمو.

تقدم لنا الفريودات درساً هاماً يتمثل في أنه بمقدور جزيئة مفردة أن تكون عاملاً معدياً ينشر المرض. غير أن الفريودات ما هي إلا حمض نووي، قدرته على

الانتساخ معروفة حق المعرفة، لكن الأكثر من ذلك غرابة، وجود دليل على بروتينات معدية، يقال لها البريونات Prions ، والتي يبدو أنها تسبب عدداً من أمراض دماغية تنكسية في أنواع حيوانية مختلفة. من هذه الأمراض الرُعاش Scrapie بين الخراف؛ ومرض جنون البقر Mad cow الذي شل صناعة لحم البقر الأوربية في السنوات الأخيرة؛ وداء كروتزفلد جاكوب Creutzfeldt – jakob (CJD) بين البشر، والذي أنزل الموت في العقد الفائت بما يقرب المئة وخمسة وعشرين شخصاً بريطانياً.

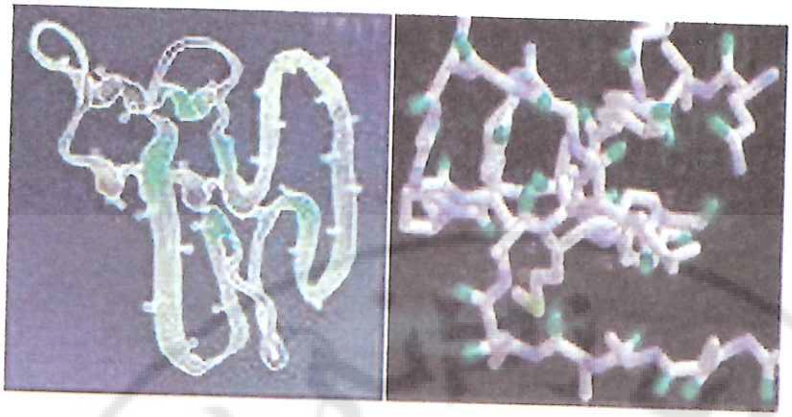
يحتمل أن البريونات أكثر ما تنتقل بوساطة الطعام، وهذا ما يحدث عند استهلاك الناس للحم بقر محمل بالبريونات من ماشية مصابة بجنون البقر. وهناك خاصيتان في البريونات تبعثان على القلق:

الأولى: البريونات عوامل تفعل فعلها ببطء شديد، إذ تمتد فترة الحضانة عشر سنوات تقريباً إلى حين ظهور الأعراض.

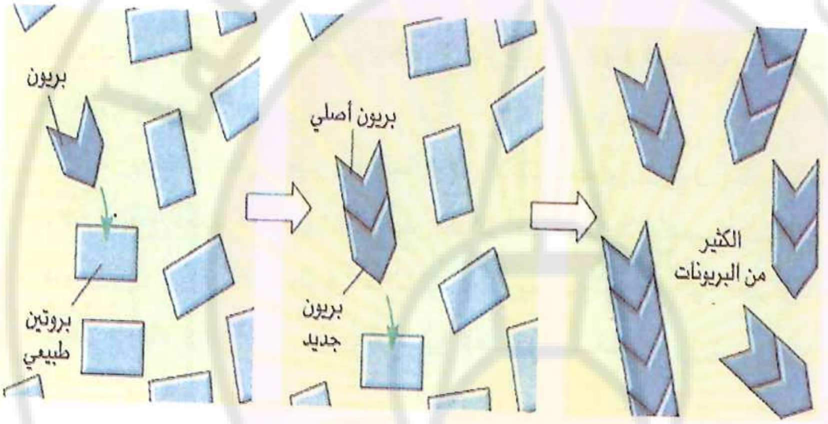
والثانية: أن البريونات عملياً يعسر إتلافها، فهي لا تتخرب ولا يزول فعلها بالتسخين إلى درجات الطبخ العادية. وحتى الآن ليس هناك ثمة علاج معروف لأمراض البريونات، والأمل الوحيد في تطوير علاجات فعالة يستند إلى فهم آلية العدوى.

والبريونات Prions ، حسب فرضية العالم ستانلي بروزينير Stanley Prusiner منذ بداية الثمانينات من القرن الماضي هي نسخ مطوية طياً مغلوطاً غير صحيح Misfolded versions من بروتينات موجودة في خلايا الدماغ بشكل طبيعي (الشكل رقم 8:2). وعندما يدخل البريون إلى خلية مشتملة على بروتين طبيعي الشكل PrPc حيث ترمز c للبروتين الخلوي، فإنه يعمل على حث البروتين الطبيعي على انتحال شكل شاذ، هو الشكل الآخر المغلوط الطي PrPsc حيث تعود sc لمرض الرعاش في الأغنام. وبهذه الطريقة، يمكن للبريونات أن تطلق تفاعلات متسلسلة تزيد من أعدادها إلى أن تتراكم في كداسات تصل إلى مستويات خطيرة (الشكل رقم 9:2) مسببة بذلك سوء الوظائف الخلوية، لتنتهي في آخر الأمر بتنكس أو اعتلال الدماغ.

لقد حصل ستانلي بروزينير على جائزة نوبل لعام1997 لاكتشافه وإطلاقه لهذا النموذج لكيفية توالد البريونات، وهو يلقى الآن قبولاً واسعاً.



الشكل رقم 8:2 البريونات

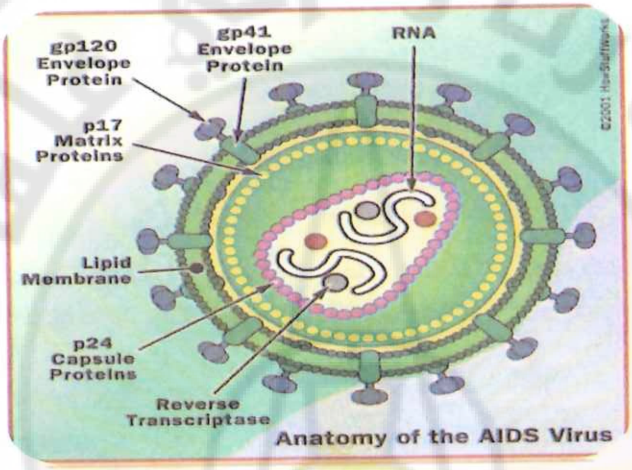

بريون
بروتين
طبيعي
بريون أصلي
بريون
جديد
الكثير
من البريونات

الشكل رقم 9:2 أنموذج لكيفية توالد البريونات

2-7 الفيروسات الطارئة:

عادة ما تطلق تسمية " الفيروسات الطارئة " "Emerging virus" على الفيروسات التي تظهر فجأة، أو التي تسترعي انتباه علماء الطب فجأة. ويعتبر فيروس الإيدز HIV (الشكل 10:2 a و b) الذي يصيب المدافعات الأساسية في الجهاز المناعي للإنسان (اللمفاويات البائية والتائية والخلايا البالعة) مثالاً مدرسياً لذلك، حيث ظهر هذا الفيروس في سان فرانسيسكو في أوائل الثمانينات من القرن العشرين، وبدا خارجاً من غير مكان. تم التعرف سنة 1976 على فيروس إيبولا Ebola

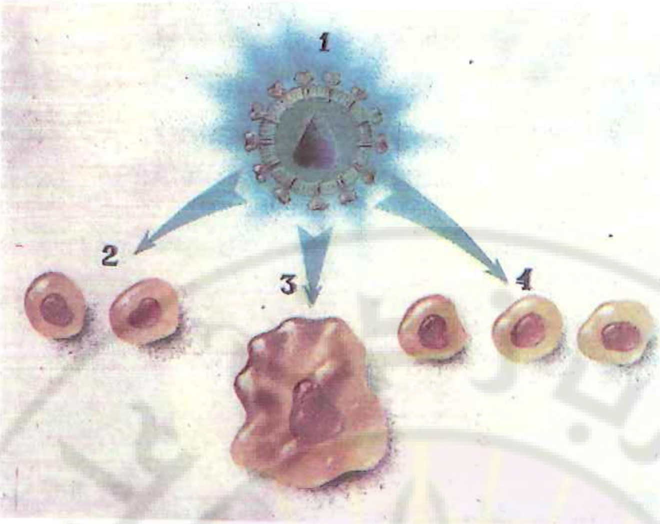
(الشكل رقم 11:2) المميت لأول مرة في وسط أفريقيا، وهو واحد من الفيروسات الطارئة، يسبب الحمى النزفية Hemorrhagic fever ، تلك المتلازمة القاتلة عادة، والتي تتصف بحمى، وقياء، ونزف شديد، ووهط في جهاز الدوران. وهنالك عدد من فيروسات جديدة خطيرة تسبب التهاب الدماغ Encephalitis؛ أحد الأمثلة عليها: فيروس غربي النيل West nile virus، إذ ظهر لأول مرة في أمريكا الشمالية سنة 1999 ، ثم انتشر إلى 48 ولاية متجاورة في الولايات المتحدة.


gp120 Envelope Protein
gp41 Envelope Protein
RNA
p17 Matrix Proteins
Lipid Membrane
p24 Capsule Proteins
Reverse Transcriptase
Anatomy of the AIDS Virus
©2001 HowStuffWorks

الشكل 10:2- a

بنية فيروس الإيدز AIDS والغليكوبروتينات المكونة لغلافه الخارجي

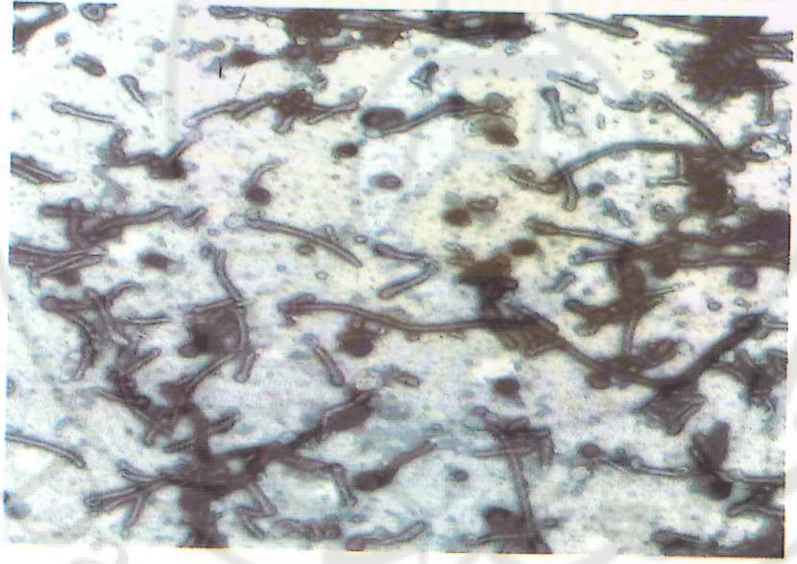
يعتبر السارس SARS (المتلازمة التنفسية الحادة العسيرة) مرضاً فيروسياً جديد العهد فقد ظهر لأول مرة في جنوب الصين في تشرين الثاني 2002 (الشكل رقم 12:2- a). وفي أثناء تفشيه في العالم بين تشرين الثاني 2002 إلى تموز 2003 ، تبين إصابة حوالي ثمانية آلاف شخص بالعدوى، توفي منهم فيما بعد ما يناهز السبعمائة. توصل الباحثون سريعاً إلى هوية العامل المسبب للسارس كواحد من الفيروسات المكللة Coronavirus، وهو فيروس ذو جينوم رنوي وحيد الطاق ssRNA لم يكن من ذي قبل معروفاً بإحداثه لأمراض بين الناس (رقم 12:2- b).



الشكل 10:2- b

فيروس الإيدز: يصيب : المدافعات " الأساسية في الجهاز المناعي

1. فيروس الإيدز، 2. اللمفاويات البائية, 3. الخلايا البالعة، 4. اللمفاويات التائية.



الشكل 11:2

فيروس ايبولا Virus Ebola

(b) إن العامل المحدث للسّارس هو فيروس مُكَلَّل وقد استمد اسمه من "إكليل" أشواك الغليكوبروتينات البارزة من الغلاف.

(a) صغار طلاب الباليه في هونغ كونغ وهم يرتدون أقنعة الوجه ليحموا أنفسهم من الفيروس المحدث للسّارس.

الشكل 12:2

السارس (المتلازمة التنفسية الحادة العسيرة)، مرض فيروسي طرأ مؤخراً

من أين وكيف برزت مثل هذه الفيروسات على مرأى الإنسان، محدثة أمراضاً مجهولة أو كانت نادرة فيما مضى؟ يعود مرد ظهور الأمراض الفيروسية إلى ثلاث عمليات أولاً: تعد طفرة فيروسات موجودة مصدراً مهماً لهذه الأمراض المستجدة. تميل فيروسات الرنا لامتلاك معدل غير عادي من الطفرات بسبب الأخطاء الحادثة في أثناء انتساخ جينوماتها الرنوية RNA genomes والتي لا تقومها القراءة التصحيحية Proofreading. وفي بعض الأحيان، تُمكن بعض الطفرات الفيروسات الموجودة من تطورها إلى سلالات جينية قادرة على إحداث المرض في أشخاص طوروا مناعة ضد الفيروس السلف. فجائحات الانفلونزا مثلاً، تحدث بفعل سلالات جديدة من فيروس انفلونزا يختلف من الناحية الجينية بما يكفي عن سلالات سبقته، للناس مناعة قليلة ضدها.

هناك مصدر آخر للأمراض الفيروسية المستجدة، وهو انتشار الفيروسات الموجودة من أنواع مضيف إلى آخر. ويقدر العلماء أن ثلاثة أرباع أمراض الإنسان المستجدة تقريباً قد نشأت في حيوانات أخرى. فمثلاً تشيع فيروسة الهانتا

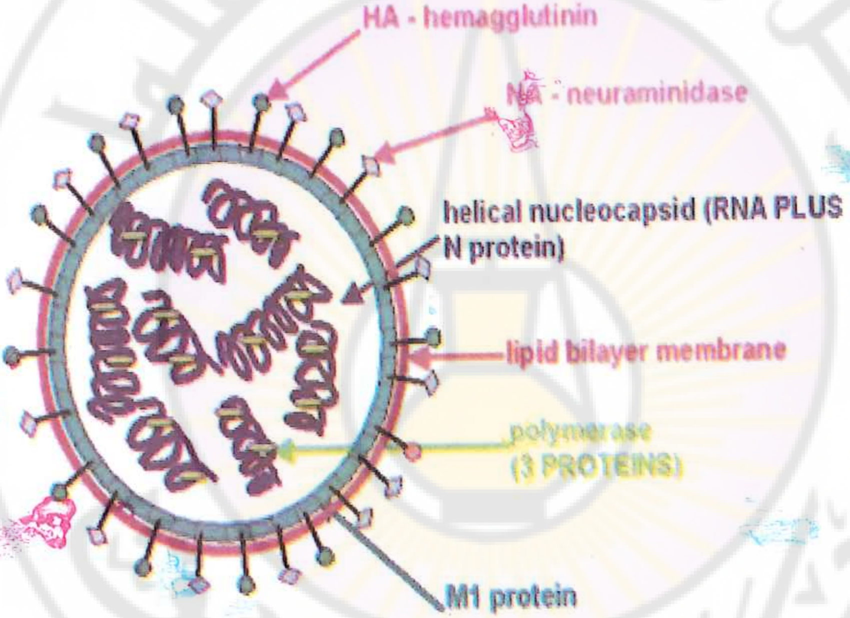
Hantavirus بين القوارض، على الأخص منها فئران الأيل Deer Mice. في عام 1993 ازداد تعداد فئران الأيل في الجنوب الغربي من الولايات المتحدة إلى حد هائل بعدما حل طقس رطب على غير المعتاد، زادت إثره مصادر أطعمة القوارض. وبعد ذلك أصيب كثير من الناس ممن استنشقوا الغبار الحاوي على آثار بول أو براز الفئران المصابة بفيروس الهانتا، ومات العشرات إثرها. لا يزال مصدر السارس مجهولاً حتى ربيع 2004، وإن كانت أصابع الاتهام تتجه إلى الحيوانات الغريبة الموجودة في أسواق الأطعمة الصينية. ألقت بدايات 2004 بتقرير عن حالات أولى لأناس من جنوب شرقي آسيا مصابين بفيروس انفلونزا لم يشاهد فيما مضى إلا في الطيور. وإذا تطور هذا الفيروس، فإن بمقدرته الانتشار بسهولة من شخص إلى آخر، مع احتمال كبير بوقوع فاشية out break إنسانية خطيرة. وبالفعل هناك دليل قوي على أن جائحة الانفلونزا التي وقعت بين 1918 و 1919 ومات إثرها أربعون مليون شخص، كانت نشأتها بين الطيور.

أما فيروس انفلونزا الخنازير A(H1 N1) والذي سبب أول جائحة في القرن الحادي والعشرين حيث أعلن عن أول إصابة مؤكدة في المكسيك في 17/مارس/2009، فقد صنفته منظمة الصحة العالمية بالمستوى السادس بسبب انتشاره الجغرافي الواسع في 170بلداً حالياً حيث بلغت الاصابات حتى 10 آب عام 2009، /180000/ إصابة توفي منها 1462 حالة. ويتوقع الخبراء زيادة تفشيه خلال الخريف والشتاء القادمين، علماً بأن تاريخ هذا المرض يعود إلى عام 1918 عندما تفشى وباء الانفلونزا الاسبانية وتسبب بوفاة 50 مليون شخص حول العالم.

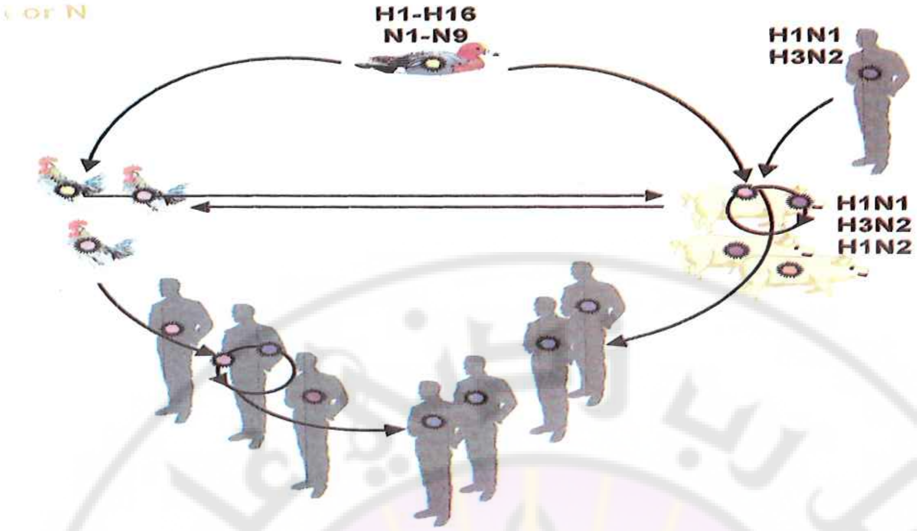
ينتمي هذا الفيروس إلى فصيلة Orthomyxoviridae (شكل رقم 13:2 a و b و c) ، ويسبب أمراض تنفسية حادة قد تؤدي إلى الموت، حيث تتمثل أعراض الإصابة في الإنسان بارتفاع مفاجئ في درجة الحرارة وسعال وآلام في العضلات وإجهاد شديد إضافة إلى أنه يسبب مزيداً من الإسهال والقيء أكثر من الانفلونزا العادية.

وتشير آخر الدراسات إلى أن الفيروس نتج عن إعادة تشكيل لفيروسين مستوطنين لدى الخنازير أو أحدهما جاء من الخنازير والآخر من الطيور كما يشير الشكل رقم (13:2- b و c).

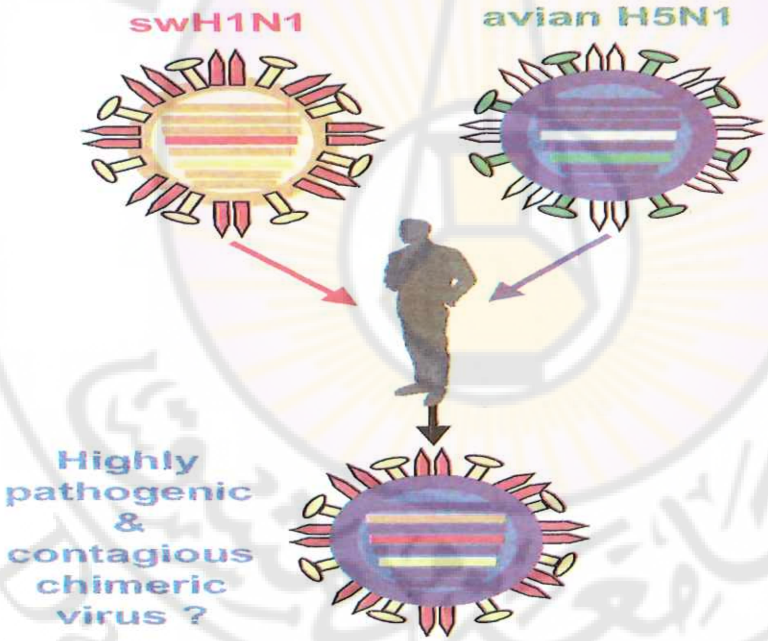
يتكون الفيروس كما يشير الشكل رقم (13:2- a) من الرنا مفرد السلسلة ssRNA موجود بشكل ثمانية قطع منفصلة عن بعضها، طول كل قطعة 50-130 نانو متر وعرضها 9-15 نانو متر. ويحيط بهذا الرنا غلاف معقد يتكون من البروتينات والشحوم والغليكوبروتينات من نمط Neuraminidase و Hemagglutinin.


HA - hemagglutinin
NA - neuraminidase
helical nucleocapsid (RNA PLUS N protein)
lipid bilayer membrane
polymerase (3 PROTEINS)
M1 protein

شكل 13:2- a بنية فيروس انفلونزا الخنازير.


or N
H1-H16
N1-N9
H1N1
H3N2
H1N1
H3N2
H1N2

شكل 13:2 – b إعادة تشكيل الفيروس ووصوله للإنسان.


swH1N1
avian H5N1
Highly pathogenic & contagious chimeric virus ?

شكل 13:2 – c تشكل فيروس شديد الفوعة وصل من الخنازير والطيور.

شكل رقم 13:2

c, b , a فيروس انفلونزا الخنازير (H1N1)

أما طرق الوقاية منه فتكون برفع مستوى النظافة والتعقيم وتشخيص الاصابة سريعاً علماً بأنه تم تطوير عدد من الأدوية بشكل حبوب مثل الأوسيلتا ميفير Oseltamivir أو بشكل رذاذ مثل الزانا ميفير Zanamivir وذلك لتقليل فرصة الإصابة بإنفلونزا الخنازير، وتجدر الإشارة أنه لم يتم حتى تاريخه الحصول على لقاح فعال ضد هذه السلالة التي تصيب البشر.

وأخيراً يمكن لانتشار المرض الفيروسي من جماعة صغيرة معزولة أن يقود إلى أوبئة واسعة الانتشار. فعلى سبيل المثال، بقي مرض الإيدز لعدة عقود مجهول الاسم، ويفترض أنه كان خلالها بعيداً عن الملاحظة أيضاً، ثم بدأ بعد ذلك بالانتشار حول العالم. وفي هذه الحال، كان للعوامل الاجتماعية والتقنية، بما في ذلك قلة تكاليف السفر بين الدول، ونقولات الدم، والاتصالات الجنسية اللاشرعية Promiscuity، ومعاقرة المخدرات الوريدية، قد سمحت جميعها لمرض إنساني نادر أن يصبح كارثة عالمية.

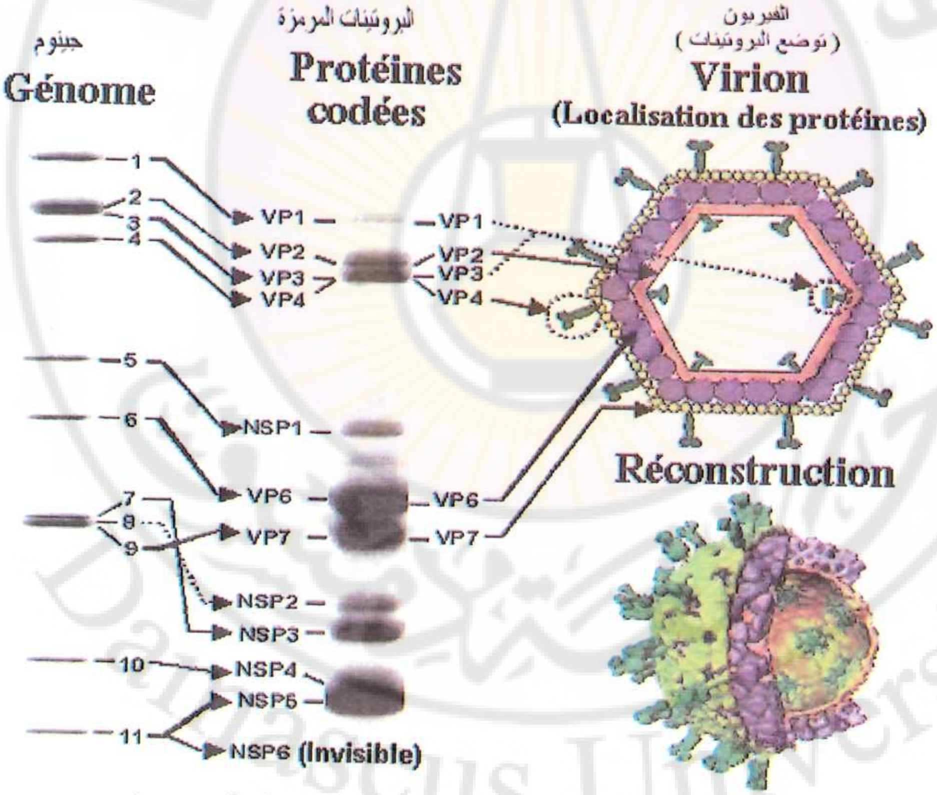
من هذا وذاك، نجد أن الفيروسات الطارئة ليست جديدة على العموم. لكنها بالأحرى فيروسات موجودة لحقتها الطفرات، أو امتدت إلى نوع مضيف جديد، أو انتشرت بشكل واسع في نوع مضيفها الحالي Viral traffic المسؤول عن الأمراض الطارئة. فمثلاً، يمكن للطرق الجديدة عبر المناطق النائية أن تسمح بانتشار الفيروسات بين جماعات بشرية كانت فيما مضى معزولة عن بعضها. وهناك مشكلة أخرى، هي إبادة الغابات لتوسيع الأراضي الحقلية، وما ينتج عن ذلك من اضطراب في التوازن البيئي يتأتى عنه تماس الإنسان مع حيوانات أخرى ربما استضافت فيروسات قادرة على إحداث العدوى في الإنسان من جهة، وتلوث الأوساط المائية الطبيعية والصنعية التي تحوي على العوامل المرضية المنقولة عبر الماء وخاصة الفيروسات المعوية Enteric viruses من جهة أخرى.

ويعتبر فيروس الروتا Rotavirus (من الفيروسات الدولابية) الذي مازال اسمه مجهولاً للكثير من الناس مثالاً مدرسياً بالرغم من أنه حصد من الأرواح أكثر مما حصدته الفيروسات القاتلة المذكورة أعلاه، علماً بأنه اكتشف منذ عام 1943 من قبل Light و Hodes باعتباره العامل المسبب للإسهالات الحادة في براز الأطفال

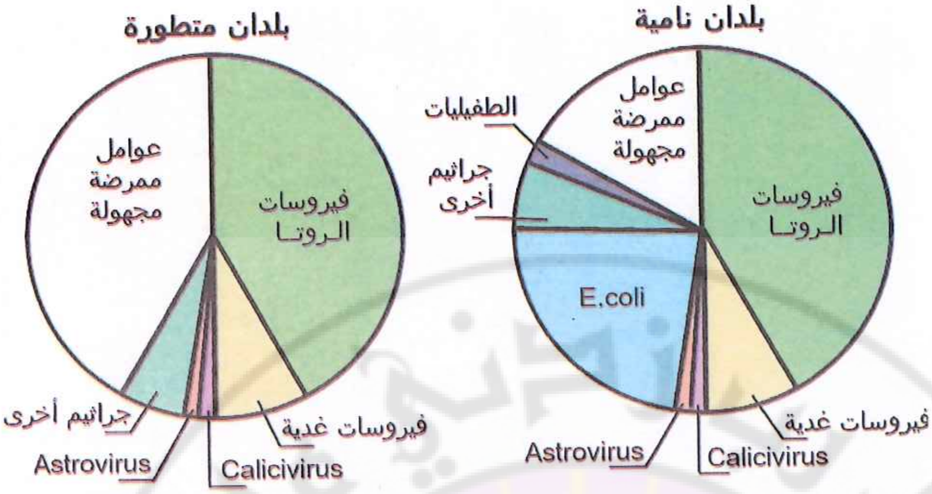
وتمت تسميته ودراسة بنيته بالمجهر الإلكتروني من قبل Thomas Flewett منذ عام 1974 (الشكل رقم 14:2) وتبين أنه ينتمي لفصيلة Reovirida التابعة للفيروسات المعوية والتي تصيب الإنسان والحيوانات عبر الأغذية والمياه الملوثة.

لفيروس الروتا جينوم مكون من قطعة مزدوجة (ثنائي الطاق) من الرنا المزدوج السلسلة dsRNA محاطة بثلاث طبقات مميزة من بروتين عشروني الوجوه.

تعد فيروسات الروتا مسؤولة عن ما يقارب /140/ مليون حالة إسهال سنوياً لدى الأطفال الأصغر سناً من 5 سنوات في جميع أنحاء العالم (شكل رقم 15:2) ينتج عنها حوالي 600.000 حالة وفاة سنوياً. وقد تم عزلها من الألعاب وماء البحيرات ومصبات الأنهار والمراحيض والأيدي ووسائل الاتصال.


جينوم
Génome
البروتينات المرمزة
Protéines codées
الفيريون
(توضع البروتينات)
Virion
(Localisation des protéines)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
VP1
VP2
VP3
VP4
NSP1
VP6
VP7
NSP2
NSP3
NSP4
NSP5
NSP6 (Invisible)
VP1
VP2
VP3
VP4
VP6
VP7
Réconstruction

شكل 14:2 بنية فيروس الروتا والبروتينات المكونة لأغلفته الثلاث.



شكل 15:2 مقارنة بين نسبة انتشار الروتا مع غيرها من الفيروسات والجراثيم في البلدان النامية والمتطورة

الفصـــــل الثالث

التكاثر في بدائيات النوى

1-3 الجراثيم الحقيقية Eubacteria

2-3 الجراثيم الزرقاء Cyanobacteria

3-3 الأركيا Archaea أو الجراثيم القديمة.

الفصل الثالث

التكاثر في بدائيات النوى

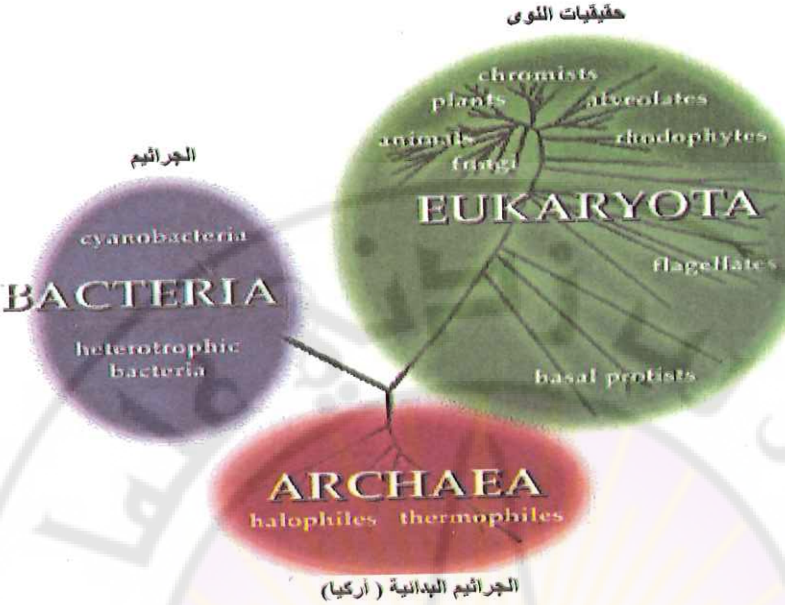
يكاد لا يخلو مكان منها:

تعد معظم بدائيات النوى Prokaryotes كائنات مجهرية، لكنّ كثرة تعدادها يعوّض ما هي عليه من صغر في الحجم. حيث تعادل كتلتها البيولوجية (Biomass) مجتمعة أكثر من عشرة أضعاف مجمل حقيقيات النوى. فعدد بدائيات النوى في قبضة يدٍ واحدةٍ من تربةٍ خصبةٍ، يفوق عدد البشر الذين عاشوا في أي وقت. فما الذي يمكّن هذه الكائنات الحية الدقيقة من سيادة المحيط الحيوي عبر تاريخها؟ إن أحد أسباب نجاحها يعود إلى وفرة التكيفات التي مكنت مختلف بدائيات النوى من الاستيطان في البيئات المتنوعة. فبدائيات النوى تعيش في كل مكان تقريباً، بما في ذلك أماكن شديدة الحموضة، أو الملوحة، أو البرودة، أو الحرارة؛ شدةً لا يمكن للكائنات الحية الأخرى أن تتحملها (الشكل 1:3). وبالتالي فإن الأماكن التي تخلو منها هذه الكائنات محدودة جداً، كدم الحيوانات والنباتات السليمة والبراكين النشطة والطبقات الصخرية العميقة. وفي الأحماض والقلويات وبعض الأملاح ومحاليلها.

▲ الشكل ٣ : ١ مستعمراتٌ صفراء وبرتقالية من بدائيات نوىً مُحبة للحرارة في المياه الساخنة لحمّات نيفادا Nevada.

إن معظم بدائيات النوى وحيدة الخلية، وإن كان بعض أنواعها يتجمع في مستعمرات بشكل عابر أو دائم. وتتراوح أقطار الخلايا البدائية النوى نموذجياً بين 1-5 ميكرون، وهي أصغر بكثير من أقطار العديد من الخلايا الحقيقيات النوى المتراوحة بين 100-10 ميكرون. (يعتبر بدائي النوى العملاق ثيومارغاريتا ناميبينسيس *Thiomargarita namibiensis* واحداً من الاستثناءات الملحوظة، إذ يقارب قطره 750 ميكرون، وبالكاد تراه العين المجردة).

تصنف بدائيات النوى اعتماداً على النمط الشكلي Phenotype والنمط الجيني Genotype في قطاعين اثنين: جراثيم Bacteria، وأركيا Archaea (الجراثيم القديمة): يختلفان فيما بينهما في العديد من الخصائص الكيميائية الحيوية، والفيزيولوجية والبنيوية، كما يختلفان عن الكائنات الحية الأخرى التي وضعت في قطاع ثالث هو حقيقيات النوى Eukaryota (الشكل رقم 2:3). يتكون قطاع الجراثيم من قسمين أساسين أيضاً هما الجراثيم الحقيقية والجراثيم الزرقاء Cyanobacteria.


حقيقيات النوى
chromists
plants
alveolates
animals
rhodophytes
fungi
EUKARYOTA
flagellates
basal protists
الجراثيم
cyanobacteria
BACTERIA
heterotrophic bacteria
ARCHAEA
halophiles
thermophiles
الجراثيم البدائية (أركيا)

الشكل 2:3

تصنيف الكائنات الحية في ثلاثة قطاعات.

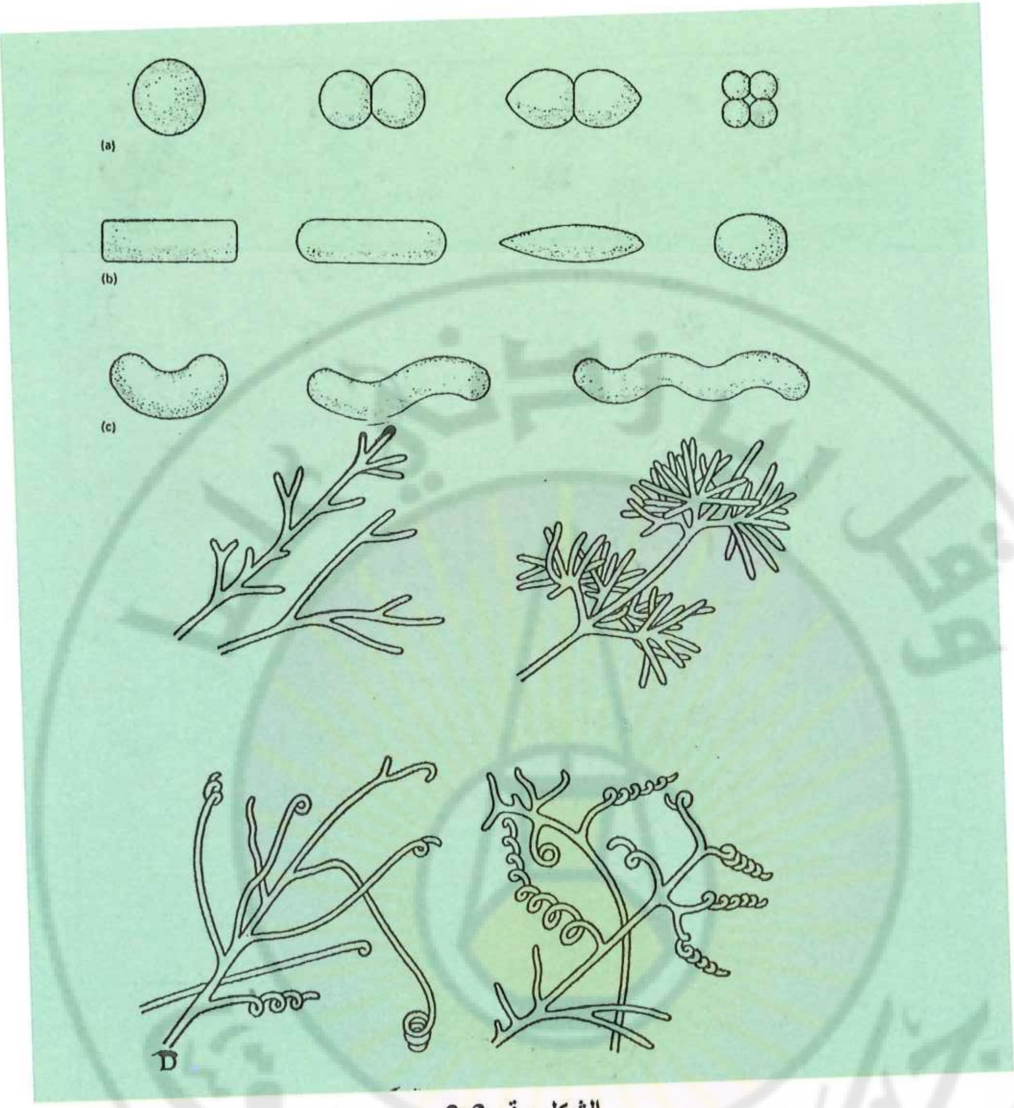
1-1 الجراثيم الحقيقية Eubacteria

تعرف الجراثيم بأنها مجموعة من الأحياء المتناهية في الصغر، وحيدة الخلية تفتقر إلى اليخضور، تتكاثر بالانشطار الثنائي، تحتوي على نواة خالية من الغلاف النووي، لا تحتوي على الكيتين أو السللوز، وإنما يوجد بدلاً عنهما حمض التيكوئيك Teichoic .A ومواد أخرى خاصة بالجراثيم مثل حمض الميراميك Muramic . A. كما تحتوي بعض أنواعها على اليخضور الجرثومي.

1- أشكال الجراثيم وتجمعاتها وأبعادها:

تختلف أشكال الجراثيم وحجومها كما تختلف أبعادها وتجمعاتها باختلاف الأنواع، ويمكن تمييز أربعة أشكال رئيسية (شكل رقم 3:3) هي:

- **الجراثيم الكروية أو المكورات Cocci** التي قد توجد منفردة أو مزدوجة، وقد تتجمع في سلاسل سبحية كالمكورات العقدية *Streptococcus*، أو في رباعيات، أو في عناقيد كما في المكورات العنقودية *Staphylococcus* أو في مكعبات كما في Sarcinae (شكل رقم 4:3).
- **الجراثيم العصوية أو العصيات Bacilli** التي تختلف في أشكالها وأبعادها من جهة وتعدد أنماط توضعها بعد انقسامها من جهة أخرى، فمن عصيات قصيرة جداً تدعى العصيات المكورة إلى عصيات أسطوانية ضخمة ذات نهايات مستديرة، أو مقطوعة، أو وتدية، أو مغزلية، أو منحنية كما في ضمات الكوليرا *Cholera vibrios*. وقد لا تنفصل العصيات عن بعضها بعد الانقسام فتعطي عصيات مزدوجة، أو سبحية، أو حزمية، أو تتجمع بشكل ريشي كما في عصيات السل (شكل رقم 4:3) .
- **الجراثيم الحلزونية Spirils** التي تكون بشكل خيوط ملتوية، أو لولبية، أو حلزونية (شكل رقم 4:3).
- **الجراثيم الخيطية Actinobacteria** التي تكون بشكل خيوط متفرعة بأنماط عديدة حتى في الجنس الواحد *Streptomyces* (شكل رقم 3:3- D) وقد كان يطلق سابقاً على هذه الجراثيم اسم الفطريات الشعاعية Actinomycetes وذلك بسبب تصنيفها مع الفطريات ولأنها تبدي أحياناً بعض صفات الفطريات.



الشكل رقم 3:3

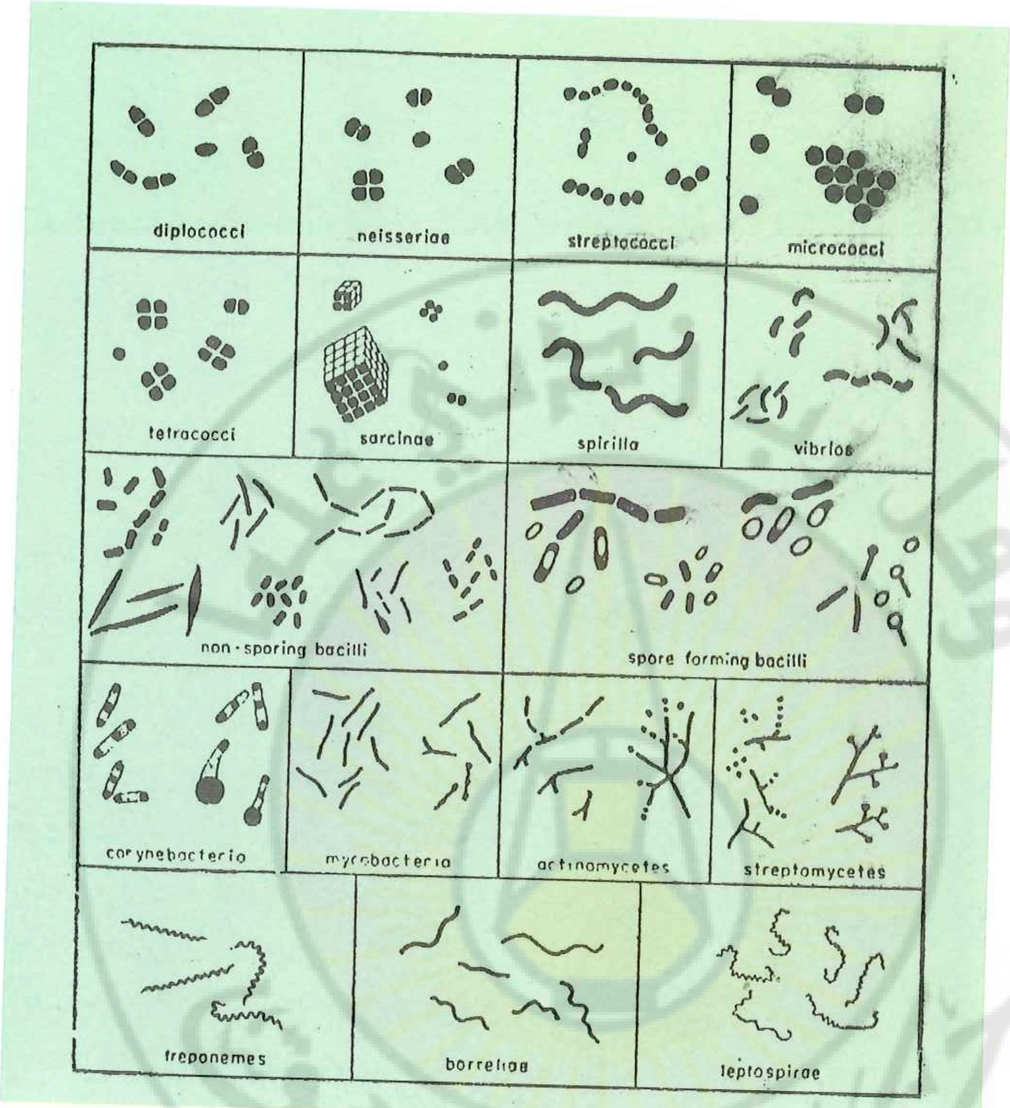
الأشكال الرئيسية للجراثيم

A- المكورة Cocci

B- العصوية Bacilli

C- الحلزونية Spirils

D- الخيطية Actinobacteria (جنس *Streptomyces*)


diplococci
neisseriae
streptococci
micrococci
tetracocci
sarcinae
spirilla
vibrios
non-sporing bacilli
spore forming bacilli
corynebacteria
mycobacteria
actinomycetes
streptomycetes
treponemes
borreliae
leptospirae

الشكل رقم : 3-4

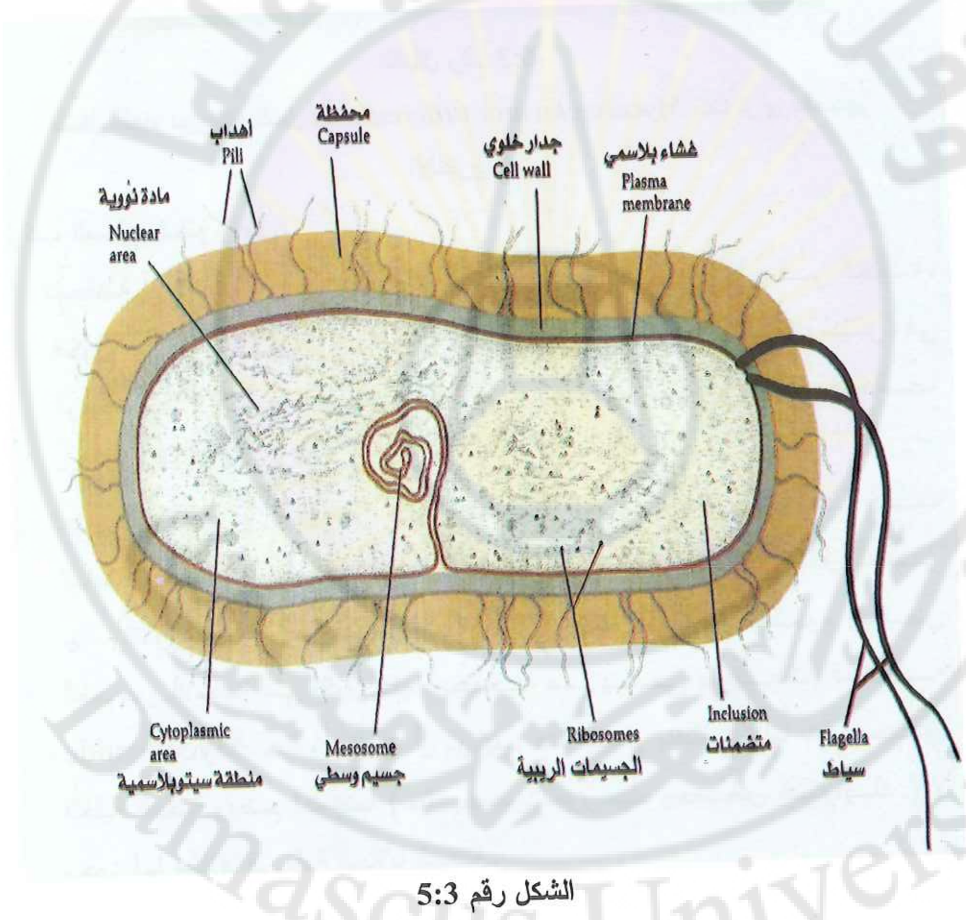
أشكال الجراثيم وتجمعاتها

إن الأشكال السابقة للجراثيم ليست ثابتة، إذ تتغير بتغير الشروط البيئية، فتأخذ أشكالاً تختلف باختلاف تركيب الوسط والظروف الأخرى مثل عمر المزرعة ودرجة الحرارة والـ pH وتوافر العناصر الغذائية وتلوث الوسط وغير ذلك.

تختلف أبعاد الجراثيم باختلاف النوع الجرثومي، ويمكن القول أن قطر معظم الجراثيم يتراوح بين 0.2- 1 ميكرون، وطولها يترواح بين 0.1 ميكرون إلى عدة ميكرونات، بل قد يصل إلى 50 ميكروناً كما في بعض الأنواع من الجراثيم الحلزونية.

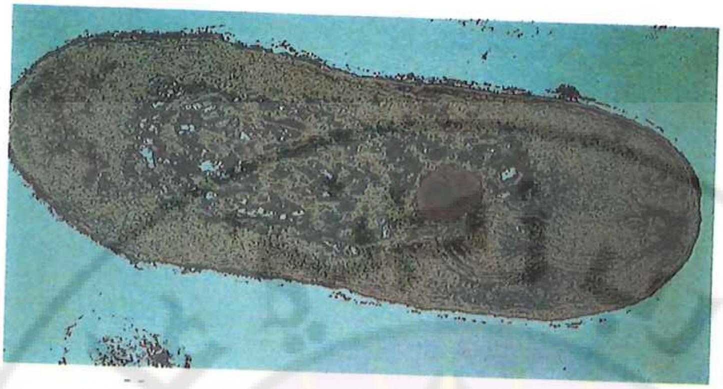
2- بنية الخلية الجرثومية وتركيبها:

وتتألف كما يوضح الشكلين (5:3، 6:3) من سطح خلوي، ومن تركيبات داخلية تقع تحت هذا السطح:


أهداب
Pili
محفظة
Capsule
جدار خلوي
Cell wall
غشاء بلاسمي
Plasma membrane
مادة نووية
Nuclear area
Cytoplasmic area
منطقة سيتوبلاسمية
Mesosome
جسيم وسطي
Ribosomes
الجسيمات الريبية
Inclusion
متضمنات
Flagella
سياط

الشكل رقم 5:3

مخطط الشكل العام للخلية الجرثومية النموذجية



الشكل رقم 6:3

الشكل العام لجراثيم السل *Mycobacterium tuberculosis* كما ترى بالمجهر الالكتروني

يتركب السطح الخلوي من:

1- المحفظة أو الكابسولة Caspule التي تشكل البنية الخارجية الأولى في الخلية، فتكون في بعض الأحيان هيكلاً قوياً ثابتاً، وأحياناً أخرى تكون رقيقة ومنتشرة في الوسط، وقد لا تكون موجودة إطلاقاً وهي ذات تركيب مخاطي هلامي ويختلف باختلاف النوع الجرثومي.

2- الجدار الخلوي وهو عبارة عن طبقة رقيقة قاسية متماسكة مميزة واقعة تحت الكابسولة مباشرة، وموجودة في الخلايا الجرثومية كافة، وتعطيها الشكل المميز لها، وتتكون من عدة طبقات من السكريات المتعددة الأمينية والشحوم وبعض الحموض الأمينية التي تكون كلها مجتمعة ما يسمى بالببتيدات المخاطية Mycopeptide. هذا وقد تبين أن تركيب هذا الجدار يختلف تماماً عن جدار الخلية النباتية ويضم أحماضاً (مثل حمض الموراميك وحمض التيكوئيك) لا وجود لها إطلاقاً في بقية الخلايا النباتية.

3- الغشاء السيتوبلاسمي وهو غشاء رقيق جداً شبه منفذ، يلي الجدار الخلوي ويتركب بشكل رئيسي من معقد بروتيني شحمي (60% بروتيناً و 40% شحوماً)،

بالاضافة إلى احتوائه أحياناً على كمية من السكريات والبروتينات النووية، وعلى عدد كبير من الأنزيمات وخاصة الأنزيمات التنفسية (السيتوكرومات) وأنزيمة البرمياز Permease (النقل) المسؤولة عن اصطفاء المواد وعبورها إلى الخلية. وبهذا نلاحظ تماثل هذا الغشاء مع الغشاء الداخلي للجسميات الكوندرية.

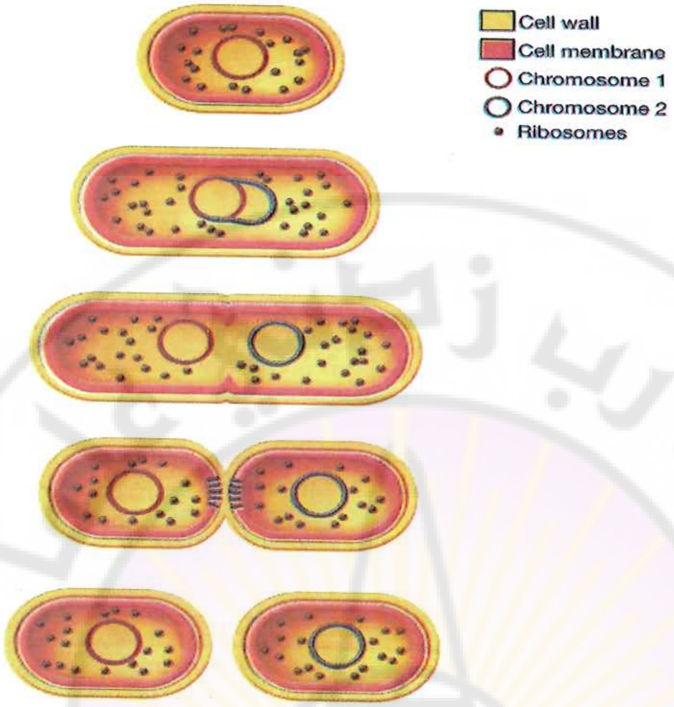
يتميز الغشاء السيتوبلاسمي بأنه يشكل انخماصات أنبوبية نحو الداخل تدعى الميزوزومات Mesosomes والتي تقوم بتثبيت جزئي النواة عند انقسامها في أثناء التكاثر.

أما المكونات الداخلية:

فهي مجموعة من المواد التي تكون محتوى الخلية وتسمى بالبروتوبلاسما وهي تشمل:

1- السيتوبلاسما التي تحوي بشكل أساسي على الجسيمات الريبية من النمط 70 s ، وعلى حاملات الأصبغة Chromatophores في الجراثيم الخضراء، إضافة إلى المكتنفات المختلفة مثل حمض بولي بيتاهيدروكسي الزبدة Poly – β- hydroxy - butric ، وحبيبات سكرية من نمط الغليكوجين، والفوليوتين Volutine من نمط الفوسفات المتعددة، وأحياناً الكبريت في الجراثيم الكبريتية.

2- النواة أو المادة النووية: حيث أثبتت الدراسات الكيميائية الخلوية ودراسات المجهر الالكتروني أن كل محتوى الخلية من الدنا DNA يتركز في المنطقة النووية بشكل خيوط دقيقة متوضعة بعضها فوق بعض بشكل متواز. وإن النواة غير محاطة بالبروتينات القاعدية، ولا محددة بغلاف نووي، ولا تحتوي على نويات. كما أن المورثات تتصل معاً لتشكل خيطاً صبغياً واحداً حلقي الشكل يتضاعف في أثناء الانقسام وينفصل إلى قسمين يذهب كل منهما إلى خلية بنيوية، وأحياناً قد تتصل النواة بالغشاء السيتوبلاسمي بوساطة الميزوزومات (شكل رقم 7:3).

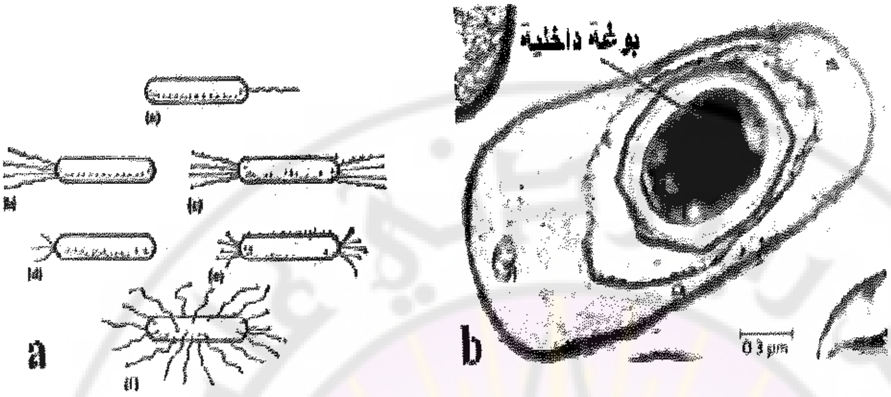


الشكل رقم 7:3 الانشطار الثنائي للخلية الجرثومية

- **a- الخلية قبل الانشطار.**
- **b- تضاعف الخيط الصبغي الحلقي وتطاول الخلية.**
- **c- تضاعف الميزوزوم وتطاول الخلية من المركز نحو المحيط.**
- **d- تشكل الحاجز العرضي بين الخليتين.**
- **e- انفصال الخليتين. وهذا ما يحصل في بعض الأنواع، بينما قد تبقى الخلايا متصلة وتشكل سلسلة أو أشكالاً أخرى.**

تحوي معظم الجراثيم على دنا DNA إضافي صغير وحلقي يدعى البلاسميد Plasmid يحوي على المورثات والصفات الثانوية، وهو هام جداً للإنسان لأنه يحوي على المعلومات التي تسمح للجراثيم بمقاومة المضادات الحيوية، ويمكن لهذا البلاسميد المقاوم أو R- factor أن ينتقل من جرثوم لآخر.

يضاف إلى ما سبق وجود عناصر خلوية اختيارية هي السياط والأبواغ الداخلية Endospors والزوائد الشعرية Pilis (شكل رقم 8:3).



شكل رقم 8:3

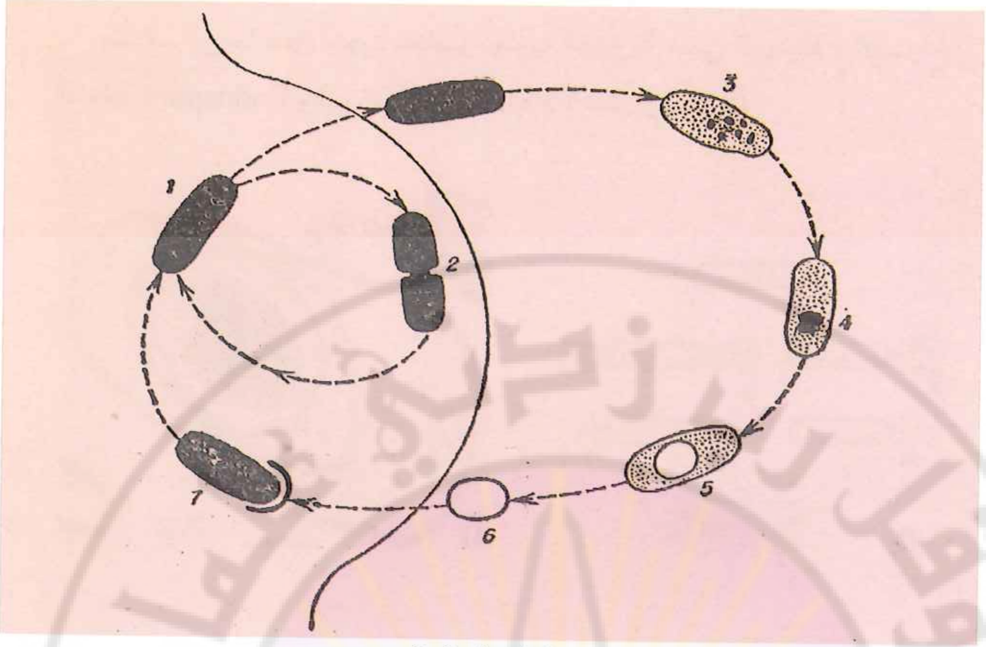
السياط والأبواغ الداخلية عند الجراثيم

a_ توزع السياط في الخلية الجرثومية

b_ البوغة الداخلية في جراثيم الجمرة الخبيثة *Bacillus anthracis*

3- التكاثر عند الجراثيم:

هناك عدة طرق لنمو الخلايا الجرثومية وتكاثرها وهي الانشطار العرضي والتبوغ (شكل رقم 9:3) والتبرعم. كما أثبتت الدراسات الحديثة حدوث التكاثر الجنسي عند بعض الجراثيم، حيث يتم تزاوج جزئي وتبادل وراثي بين هذه الجراثيم.



شكل رقم 9:3

حلقة حياة الجراثيم العصوية المتبوغة ***Bacillus***

1- خلية إعاشية. 2- التكاثر بالانشطار الثنائي. 3 - 5- تشكل البوغة الداخلية

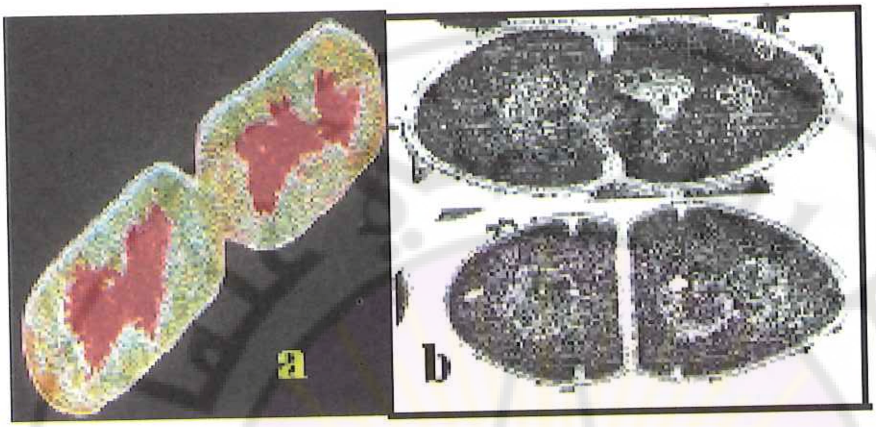
6- البوغة الحرة 7- انتاش البوغة

أ- الانشطار العرضي أو الثنائي Binary Fission:

تنمو الخلية الجرثومية بزيادة حجمها فتصل إلى ضعف طولها الأصلي تقريباً، ثم يحدث انخماص في الجدار الخلوي والغشاء السيتوبلاسمي نحو الداخل (شكل رقم 10:3) ويتضاعف الخيط الصبغي Chromosome وينفصل إلى قسمين يذهب كل منهما إلى طرفي الخلية. وفي الوقت نفسه تسهم معظم الأنزيمات الخلوية بتركيب الجدار الخلوي والغشاء السيتوبلاسمي الفاصل بين الخليتين، فيتشكل الحاجز العرضي الذي يقسمها إلى خليتين بنيويتين متماثلتين كما هي الحال في معظم الجراثيم العصوية والمكورة *Escherichia coli* , *Bacillus subtilis* , *Micrococcus* أو غير

متماثلتين كما هي الحال في جنس *Caulobacter* حيث تتشكل خلية متحركة وأخرى غير متحركة.

تؤدي الجسيمات الوسطية Mesosomes دوراً هاماً في بداية تركيب الجدار الخلوي الجديد كما يمكن للدنا DNA أن يتثبت عليها.



الشكل رقم 10:3

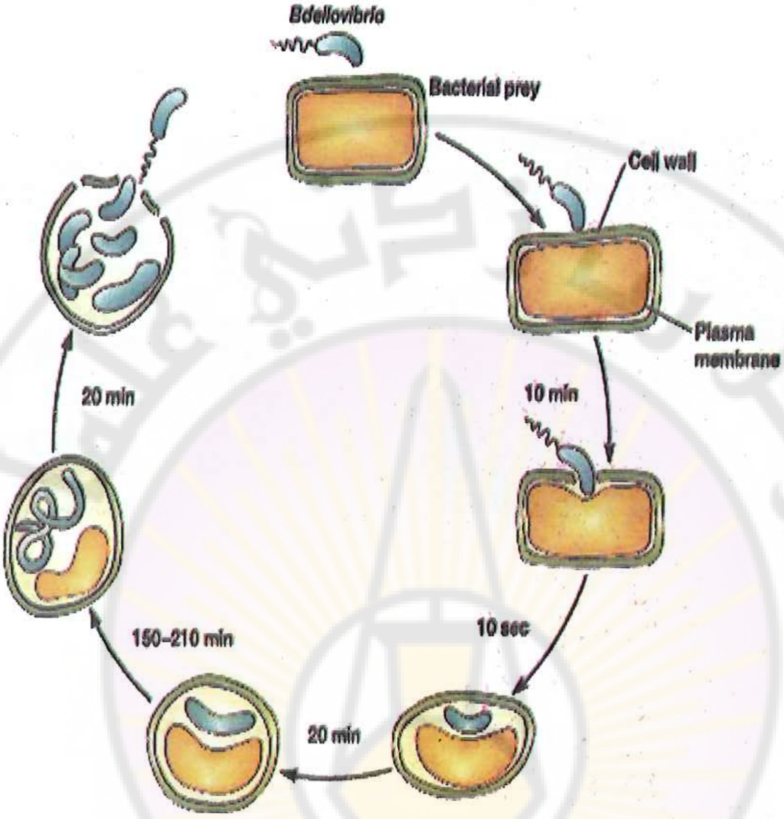
الانشطار الثنائي في الخلية الجرثومية كما يبدو بالمجهر الالكتروني

a -في العصيات الكولونية *Escherichia coli*

b -في مكورات *Streptococcus faecalis* (× 55000) مرة

إن زمن التضاعف والانقسام ثابت نسبياً بالنسبة للنوع الواحد، ولكنه يختلف باختلاف الأنواع الجرثومية فهو في E. coli حوالي 15 دقيقة في الدرجات المرتفعة من الحرارة (40-43 م°) ويصبح حوالي 20 دقيقة في الدرجة 37 ° م ، بينما نلاحظ في جراثيم البديلوفبريو *Bdellovibrios* وهي من جراثيم البروتيوبكتريا دلتا *Proteobacteria* التي تهاجم غيرها من الجراثيم، حيث تلحق فريستها بسرعة 100 ميكرومتر/ الثانية (يمكن مقارنتها مع إنسان يركض بسرعة 600 كيلومتر / الساعة) ثم تخترق الفريسة بحركة مغزلية تبلغ 100 دورة في الثانية الواحدة كما

يلاحظ في الشكل (رقم 11:3)، وبذلك يكون زمن انقسامها حوالي 20 دقيقة. ويرتفع هذا الزمن إلى حوالي 20 ساعة بالنسبة لعصيات السل.


Bdellovibrio
Bacterial prey
Cell wall
Plasma membrane
10 min
10 sec
20 min
150-210 min
20 min

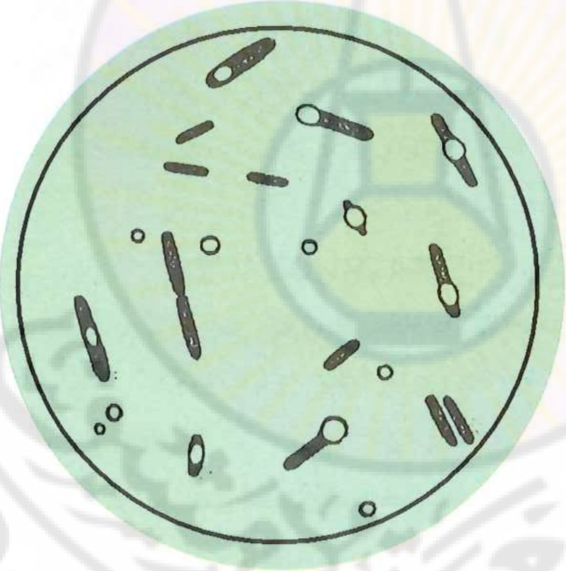
الشكل رقم 11:3

تكاثر جراثيم البديلوفبريو *Bdellovibrios* داخل جراثيم أخرى.

هذا ويجب أن يكون هناك توافق بين انقسام الخلية وتضاعف مادتها النووية DNA بحيث تأخذ كل خلية بنيوية في النهاية النسخة نفسها من المورثات والصفات الوراثية للخلية الأم نفسها، ولذلك ينتهي تضاعف الدنا DNA بنهاية التركيب البروتيني وعندها يكتمل الجدار الفاصل وتنقسم الخلية.

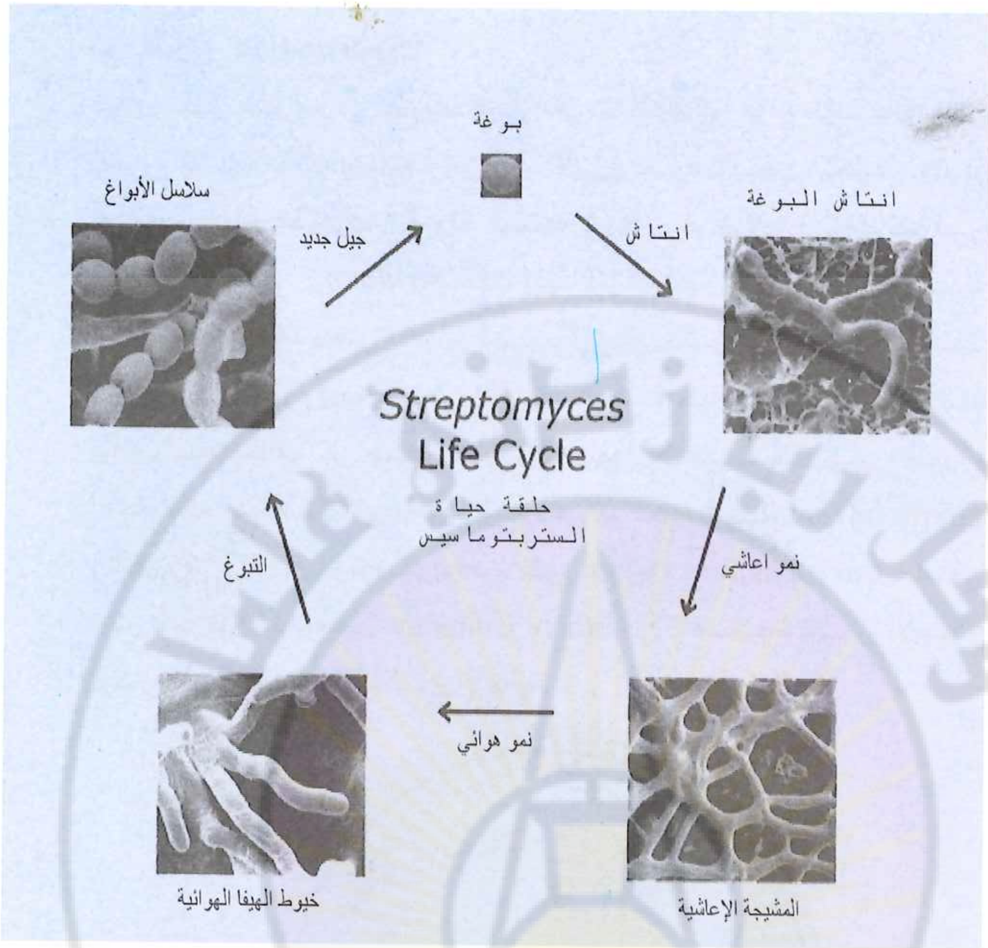
ب- التبوغ **Sporulation:**

تتحول بعض الجراثيم في الشروط البيئية غير الملائمة إلى أبواغ خاصة تدعى الأبواغ الداخلية Endospores وإن هذه الأبواغ تعود لتنتش وتعطي خلية جرثومية جديدة عند عودة الظروف الملائمة (شكل رقم 9:3 ، 12:3)، كما في جنسي *Bacillus* , *Clostridium* ، ولهذا فإن بعضهم يعد هذه الطريقة وسيلة للتكاثر، إلا أن هناك بعض الأنواع الجرثومية تعطي أكثر من بوغة واحدة، وتعطي بالتالي كل واحدة منها في الظروف المناسبة خلية جرثومية جديدة تحاط بغلاف جديد يختلف عن غلاف الخلية الأم. وبهذا نلاحظ سلسلة من الأبواغ الأحادية كما هي الحال في بعض أنواع الجراثيم الخيطية مثل *Streptomyces* (شكل رقم 13:3) وجرثوم كاريوفانوم لاتوم *Caryophanum latum* . أما في بعض الجراثيم الغمدية مثل *Crenothrix kuhniana* فتلاحظ تكون الأبواغ المكورة إلى جانب سلسلة الأبواغ الأحادية.



الشكل 12:3

التكاثر بالأبواغ الداخلية عند الجراثيم

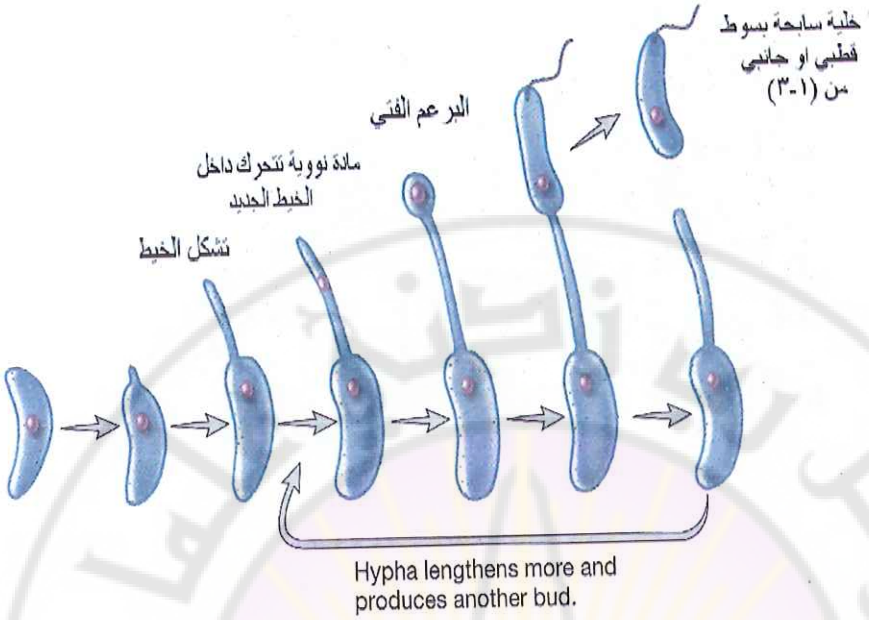

بوغة
سلاسل الأبواغ
انتاش البوغة
جيل جديد
انتاش
Streptomyces
Life Cycle
حلقة حياة
الستربتوماسيس
التبوغ
نمو اعاشي
نمو هوائي
خيوط الهيفا الهوائية
المشيجة الإعاشية

الشكل رقم 13:3

التكاثر بالأبواغ الخارجية وحلقة حياة جراثيم *Streptomyces*

جـ- التبرعم: Budding

تتميز بعض الجراثيم الخيطية من نوع أكتينو بكتريا *Actinobacteria* بنمو خليتها من أحد طرفيها فقط، ثم يتكون جدار خلوي عرضي جديد قرب هذا الطرف محدداً مكان الانقسام بما يشبه عملية التبرعم عند الخمائر، ولكن هناك بعض الجراثيم الخيطية مثل *Hyphomicrobium* المتميزة بالتكاثر عن طريق التبرعم الحقيقي (شكل رقم 14:3).

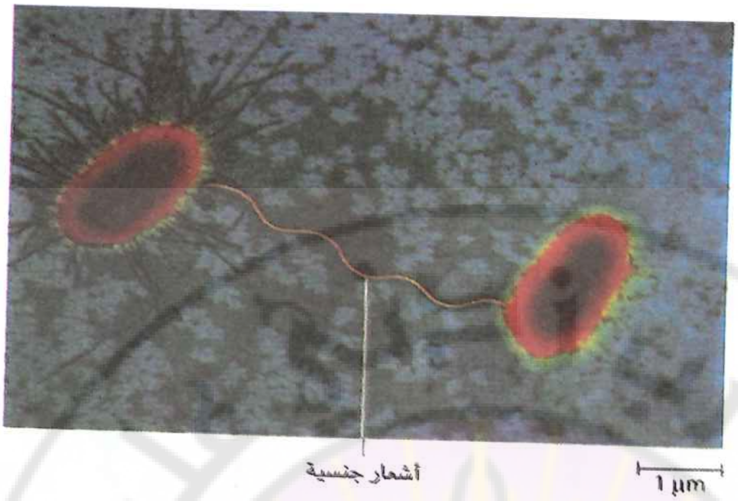

خلية سابحة بسوط قطبي او جانبي من (١-٣)
البرعم الفتي
مادة نووية تتحرك داخل الخيط الجديد
تشكل الخيط
Hypha lengthens more and produces another bud.

شكل رقم 14:3

حلقة حياة الجراثيم الخيطية *Hyphomicrobium* والتكاثر بالتبرعم.

د- الاقتران والبلاسميدات:

أحياناً يشار إلى الاقتران Conjugation وكأنه " اتصال جنسي" جرثومي فالاقتران انتقال مباشر للمادة الجينية بين خليتين جرثوميتين انضمتا إلى بعضهما بشكل مؤقت. ويحدث انتقال الدنا عبر طريق واحد: إحدى الخليتين تمنح الدنا، و" شريكتها" تستقبله. وتسمى الخلية المانحة " ذكراً" ، إذ تستخدم زوائد تدعى أشعاراً جنسية Sex pili (مفردها شعرة Pilus) لتتصل بالخلية المستقبلة التي تدعى أحياناً " أنثى " (الشكل 15:3) . تتقلص الشعرة الجنسية بعد اتصالها بالخلية المستقبلة، مقربة الخليتين إلى بعضهما كخطاف المرساة تماماً. بعد ذلك يتشكل جسر شراكة Mating Bridge سيتوبلاسمي مؤقت بين الخليتين، ليؤمن بذلك معبراً لنقل الدنا.



الشكل رقم 15:3

الاقتران البكتيري. تمد خلية الايشريشية الكولونية *E. coli* المعطية (الأيسر) أشعارها الجنسية ويتصل أحدها بالخلية المستقبلة. ستنجر الخليتان إلى بعضهما، ليتمكن جسر الشراكة السيتوبلاسمي من التشكل بينهما. عبر هذا الجسر، تنقل الخلية المانحة الدنا إلى الخلية المستقبلة.

في معظم الحالات، تعتمد القدرة على تشكيل أشعار جنسية ومنح الدنا خلال الاقتران على وجود قطعة من الدنا تدعى عامل الخصوبة F-factor (F من Fertility). وقد يوجد عامل الخصوبة إما كشدفة من الدنا في الكروموزوم الجرثومي، أو على شكل بلاسميد. والبلاسميد Plasmid هو جزيئة دنا حلقية صغيرة ذاتية الانتساخ منفصلة عن الكروموزوم الجرثومي. وتستطيع بلاسميدات معينة كبلاسميدات الخصوبة F Plasmids أن تعاني اندخالاً عكوساً في كروموزوم الخلية. يدعى العنصر الجيني القادر على الاستنساخ كجزء من الكروموزوم الجرثومي أو مستقلاً عنه بالأبيسوم (يصبوغ) Episomes .

لايمتلك البلاسميد سوى عدد قليل من الجينات، وهذه الجينات لا تعد ضرورية لحياة الجرثومة أو تناسلها في الظروف الطبيعية. لكن تستطيع جينات

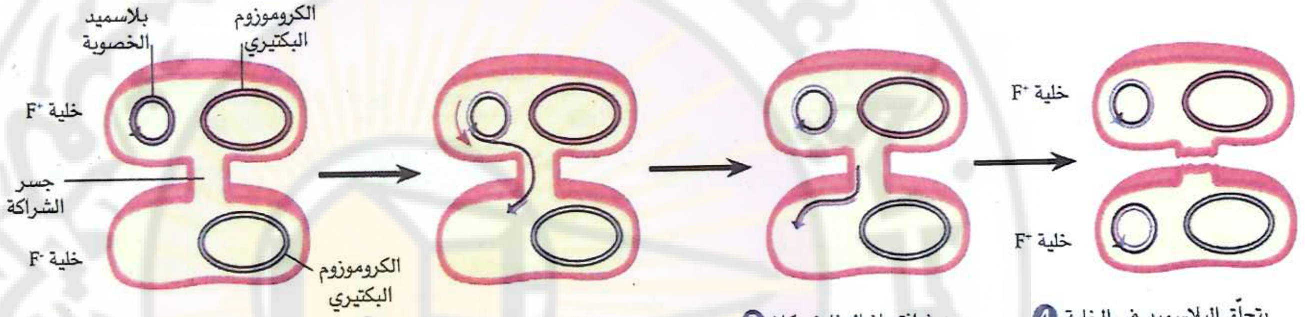
البلاسميدات أن تهب منافعها لجرثومة تعيش في بيئات مضنية. فمثلاً، تسهل بلاسميدات الخصوبة التأشب الجيني، الذي قد يكون نافعاً في بيئة متغيرة لا تحابي السلالات الموجودة في الجماعة الجرثومية.

الاقتران وبلاسميدات الخصوبة:

يشكل عامل الخصوبة مع بلاسميده بلاسميد الخصوبة F Plasmid ، والذي يتألف من حوالي 25 جينة، معظمها ضروري لإنتاج الأشعار الجنسية. تقوم الخلايا الحاوية على بلاسميد الخصوبة (يرمز إليها بـ F^+) خلال الاقتران بدور المانح للدنا. ينتسخ بلاسميد الخصوبة بالتزامن مع الدنا الكروموزومي، وعادة ما يعطي انقسام الخلية F^+ نسلين كلاهما F^+. أما الخلايا التي تفتقر لعامل الخصوبة (يرمز إليها بـ F^-)، فتقوم خلال الاقتران بدور المستقبل. وتعتبر حالة F^+ بعينها حالة قابلة للانتقال، بمعنى أن خلية F^+ تحول الخلية F^- إلى F^+ حالما تقترن الخليتان، كما يظهر ذلك الشكل (16:3– a). تبقى الخلية الأصلية على حالتها " F^+ " لأن عملية النقل تشمل نمطاً خاصاً من انتساخ الدنا. ينتقل طاق والدي Parental Strand واحد من دنا عامل الخصوبة عبر جسر الشراكة، ويعمل كل طاق والدي كمرصاف لاصطناع الطاق الآخر في خليته الخاصة به. ولا ينتقل في الشراكة بين خليتي F^+ و F^- سوى دنا بلاسميد الخصوبة F.

يصبح بمقدور الجينات الكروموزومية أن تنتقل خلال الاقتران عندما يندمج عامل خصوبة الخلية المانحة في الكرموزوم (أعلى الشكل 16:3– b) . تدعى الخلية ذات عامل الخصوبة القائم في كروموزومها بخلية Hfr (من التأشب عالي التواتر High frequency of recombination) . وتؤدي خلية Hfr خلال الاقتران بلعب دور المانح، على غرار خلية F^+ . يبدأ انتساخ الدنا في نقطة معينة من دنا عامل الخصوبة المندمج، ثم يتحرك من هذه النقطة طاق مفرد من دنا عامل الخصوبة باتجاه الشريك F^- ، منسحباً على طول الدنا

الكروموزومي المجاور (أوسط الشكل16:3- b). غالباً ما تعطل حركات الجراثيم العشوائية الاقتران قبل أن يتمكن كامل طاق كروموزوم الـ Hfr من العبور إلى خلية F^- بمدة طويلة. يعمل الطاق في كل خلية كمرصاف لاصطناع طاق آخر. وبذلك يبقى دنا خلية الـ Hfr على حاله، بينما تكتسب خلية F^- دنا جديداً، بعضه كروموزومي. وبشكل مؤقت، تكون الخلية المستقبلية جزئياً ضعفانية الصيغة الصبغية Partial diploid.


بلاسميد الخصوبة
الكروموزوم البكتيري
خلية F^+
جسر الشراكة
خلية F^-
الكروموزوم البكتيري
خلية F^+
خلية F^+

① تستطيع الخلية الحاملة لبلاسميد الخصوبة F plasmid (خلية F^+) أن تشكل جسر شراكة مع خلية F^- وتنقل إليها بلاسميد الخصوبة.

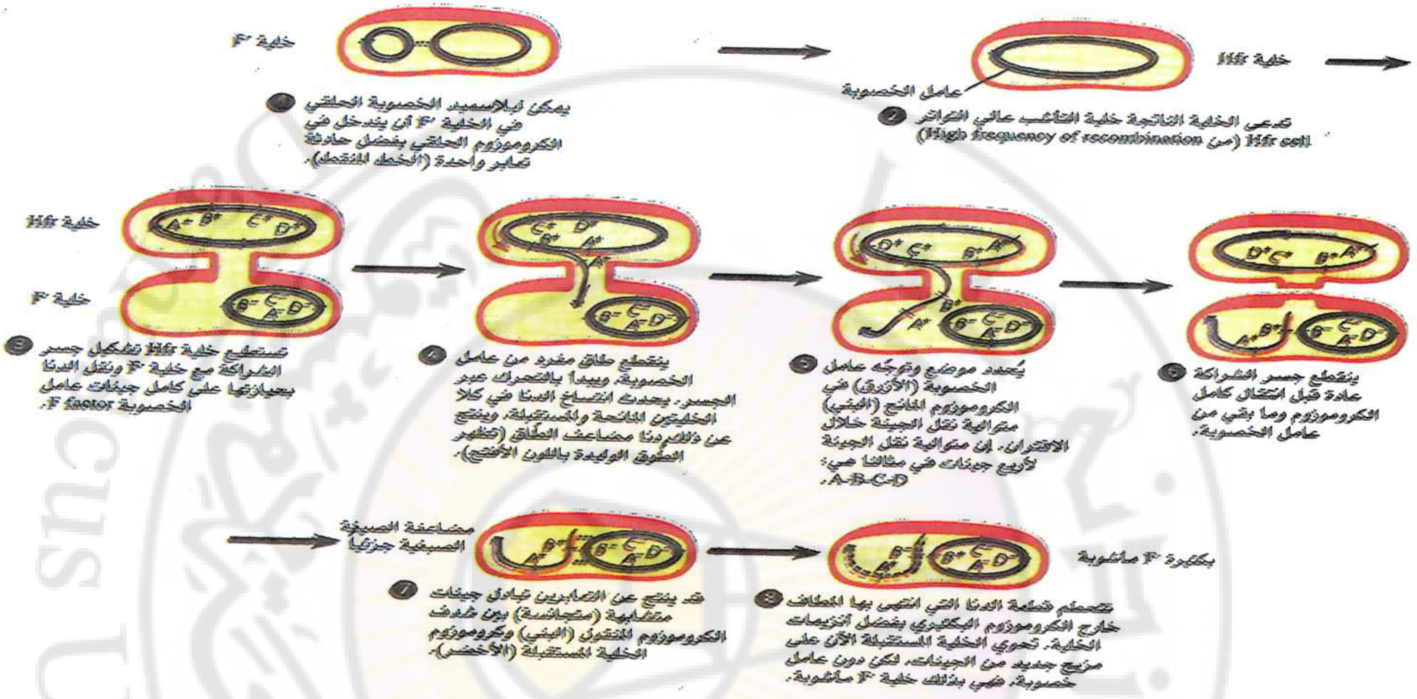
② ينقطع طاق مفرد من بلاسميد الخصوبة عند نقطة معينة (قمة رأس السهم) ويبدأ بالتحرك إلى داخل الخلية المستقبلة. وبينما يستمر النقل، يدور بلاسميد المانح.

③ يحدث انتساخ الدنا في كلا الخليتين المانحة والمستقبلة باستخدام الطاق المفرد الوالدي لبلاسميد الخصوبة كمرصاف لاصطناع الطاق المتمم (الأزرقُ الباهت).

④ يتحلّق البلاسميد في الخلية المستقبلة. وينتج عن النقل والانتساخ بلاسميد خصوبة كامل في كل خلية. وهكذ تصبح كل الخلايا F^+.

(a) الاقتران وانتقال بلاسميد الخصوبة من خلية مانحة F^+ إلى خلية مستقبلة F^-

الشكل 16:3-a



1 يمكن لبلاسميد الخصوبة الحلقي في الخلية F⁺ أن يندخل في الكروموزوم الحلقي بفضل حادثة تعابر واحدة (الخط المنقط).

2 تدعى الخلية الناتجة خلية التأشب عالي التواتر (High frequency of recombination من) Hfr cell

3 تستطيع خلية Hfr تشكيل جسر الشراكة مع خلية F⁻ ونقل الدنا بحيازتها على كامل جينات عامل الخصوبة F factor.

4 ينقطع طاق مفرد من عامل الخصوبة، ويبدأ بالتحرك عبر الجسر. يحدث انتساخ الدنا في كلا الخليتين المانحة والمستقبلة، وينتج عن ذلك دنا مضاعف الطاق (تظهر الطوق الوليدة باللون الأفتح).

5 يُحدد موضع وتوجّه عامل الخصوبة (الأزرق) في الكروموزوم المانح (البني) متوالية نقل الجينة خلال الاقتران. إن متوالية نقل الجينة لأربع جينات في مثالنا هي: A-B-C-D.

6 ينقطع جسر الشراكة عادة قبل انتقال كامل الكروموزوم وما بقي من عامل الخصوبة.

7 قد ينتج عن التصالبين تبادل جينات متشابهة (متجانسة) بين شدف الكروموزوم المنقول (البني) وكروموزوم الخلية المستقبلة (الأخضر).

8 تتحطم قطعة الدنا التي انتهى بها المطاف خارج الكروموزوم البكتيري بفضل أنزيمات الخلية. تحوي الخلية المستقبلة الآن على مزيج جديد من الجينات، لكن دون عامل خصوبة، فهي بذلك خلية F⁻ مأشوبة.

(b) الاقتران وانتقال جزء من الكروموزوم البكتيري من خلية Hfr مانحة، إلى خلية F⁻ مستقبلة، والتأشّب الناتج عن ذلك.

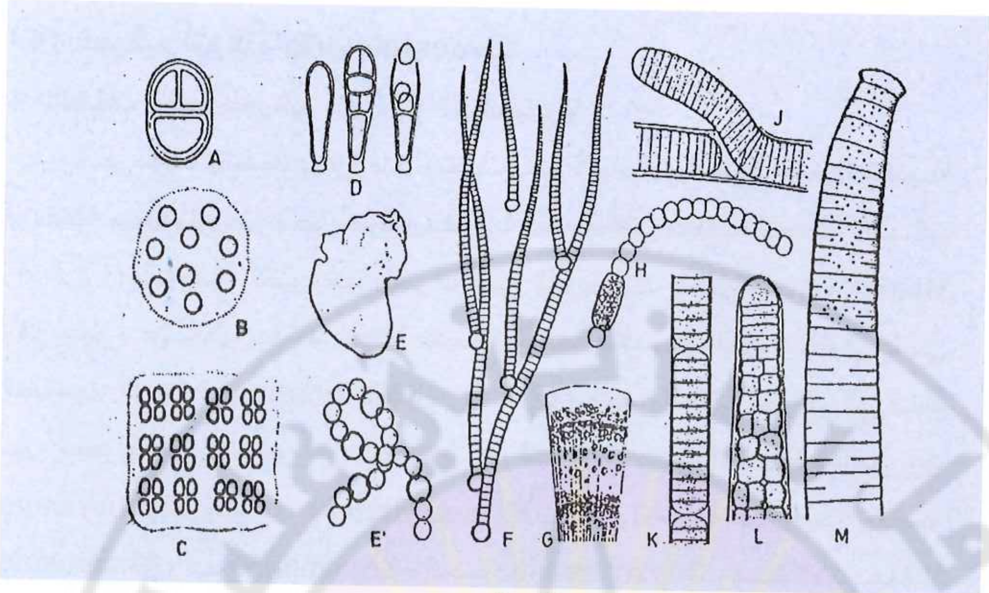
الشكل 16:3-b الاقتران والتأشب في الإيشريشية الكولونية. يدعى انتساخ الدنا الذي يصاحبه انتقال بلاسميد الخصوبة أو جزء الكروموزوم البكتيري لخلية HFR بانتساخ الحلقة الملتفة Rolling circle replication .

1-3 الجراثيم الزرقاء Cyanobacteria

1- الصفات العامة للجراثيم الزرقاء (السيانوبكتريا):

وتدعى أيضاً بالطحالب الزرقاء، وتعرف بأنها أحياء بدائية النوى، وحيدة الخلية أو متكتلة بسيطة أو عبارة عن خيوط يحيط بها غمد مخاطي مختلف الثخانة (شكل رقم 17:3) كما يتميز الكثير منها باحتوائه على الحويصلات المتباينة Heterocystes وهي عبارة عن خلايا بينية أو قاعدية عديمة الأصبغة ذات جدار ثخين وتحتوي على الجسيمات الريبية Ribosomes (شكل رقم 18:3). تحتوي خلايا الجراثيم الزرقاء على مجموعة من الأصبغة هي اليخضور a والفيكوبيلين Phycobiline واليزروق Phycocyanine واليحمور Phycoerythrine وبعض الأصبغة الكاروتينية وخاصة الـ β- carotene والـ Zeaxanthine والـ Myxoxanthine، وهذه الأصبغة لا توجد ضمن صانعات متمايزة بل توجد منتشرة في البلاسما الصباغية.

- تنتشر الجراثيم الزرقاء في جميع الأوساط والأماكن بسبب قدرتها الكبيرة على التكيف مع شروط الوسط الخارجي الفيزيائية والكيميائية، لذلك فهناك قسم منها يعيش في المياه العذبة وآخر في البحار والمحيطات حيث يشكل حصيرة سميكة أو بشكل انفجار طحلبي Blooms تكون غالباً ذات رائحة قوية ولون أزرق مخضر أو أحمر (شكل رقم 19:3)، وقسم ثالث في التربة وخاصة التربة الرطبة المعتدلة والقلوية. إضافة إلى وجود الجراثيم المتعايشة مع أحياء أخرى، إذ يمكنها أن تتعايش مع الفطريات لتكون زمرة من الأحياء هي الأشن Lichens، أو مع الطحالب أو مع بقية النباتات (البريوية والتريدية وعريانات ومغلفات البذور) كما يمكنها أن تتعايش مع بعض وحيدات الخلية الحيوانية وبعض الاسفنجيات. ويقترح دليل جيو كيميائي Geochemical أن كساءات رقيقة من السيانوبكتريا قد وجدت على اليابسة منذ حوالي مليار ومائتي مليون سنة. لكن النباتات والفطريات والحيوانات لم تلتحق بها على الشاطئ إلا منذ خمسمائة مليون سنة.



شكل رقم 17:3

بعض اشكال الطحالب الزرقاء Cyanophyceae

A — Chrococcus turgidus (٤٠٠x)

B — Aphanocapsa pulcbra (٥٠٠x)

C — Merismopedia punctata (٦٠٠x)

D — تشكل الابواغ الداخلية في Dermocarpa clavata (٤٥٠x)

E — مستعمرات النوستوك Nostoc commune (١x)

E' — سلسلة من خلايا نوستوك تحوي حويصلات متباينة N. Commune (٤٠٠x)

F — جزء من مستعمرة ريفولاريا Rivularia polyotis (٢٠٠x)

G — جزء من مستعمرة ريفولاريا R. baematites (١٥x)

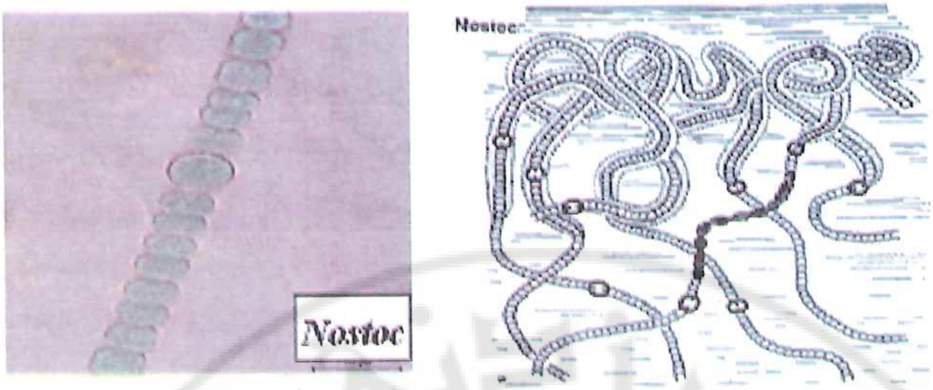
H — لاحظ الاكينيت والحويصلات المتباينة في Cylindrospermum stagnale (٥٠٠x)

J — تشكل الفروع الكاذبة في Plectonema wollei (٢٠٠x)

K — تشكل الابواغ المتعددة او السلسلية في Lyngbya aestuarii (x٥٠٠)

L — قمة الخيط في Stigonema mamillosum (٢٥٠x)

M — قمة الخيط في Oscillatoria princeps (٣٠٠x)



شكل رقم 18:3

الحويصلات المتباينة في طحلب ***Nostoc letestui*** .

لا حظ الغمد المخاطي مختلف الثخانة والذي يحيط بالخيوط.

شكل رقم 19:3

الانفجار الطحلبي **Blooms** للجراثيم الزرقاء الذي سبب تلون البحيرة باللون الأزرق والأخضر.

- تتميز معظم الجراثيم الزرقاء بقدرتها على تثبيت النتروجين الجوي (يعرف حالياً حوالي 50 نوعاً) إذ يمكن للجراثيم الحاوية على الحويصلات المتباينة أن تثبت الآزوت في الشروط الهوائية الجيدة بينما تقوم الجراثيم عديمة الحويصلات بتثبيته في شروط لا هوائية أو قليلة التهوية. ويبدو أن الحويصلات المتباينة هي عبارة عن خلايا متخصصة في التثبيت وخاصة بعد أن تبين وجود أنزيمة النتروجيناز Nitrogenase فيها بغزارة وفعالية وأن الحويصلات المعزولة تستطيع إرجاع الاستيلين إلى ايتيلين مما يدل على قدرتها على القيام بتثبيت النتروجين. ومن المعلوم أن تثبيت النتروجين الجوي يتضمن تدخل نظام أنزيمي مضاعف، فأنزيمة الهيدروجيناز Hydrogenase تحرض وتنشط شوارد الهيدروجين ثم تعمل أنزيمة النتروجيناز Nitrogenase على إرجاع النتروجين الجوي مباشرة أو الاستيلين باستخدام شوارد الهيدروجين المنشطة وفق التفاعلين:

$$N_2 + 6H^+ + 6e^- \xrightarrow{\text{Nitrogenase}} 2NH_3$$

$$C_2H_2 + 2H^+ + 6e^- \xrightarrow{\text{Nitrogenase}} C_2H_4$$

وبهذا نلاحظ أن إرجاع جزيء من النتروجين يواكبه إرجاع ثلاثة جزيئات من الاستيلين، وأن كمية الاتيلين المنطلقة تتناسب مع النشاط الأنزيمي للنتروجيناز، ويجري تحويلها إلى ما يعادلها من نتروجين عن طريق معامل التحويل (3) المستنتج من المعادلتين السابقتين.

- تنتج بعض أنواع الجراثيم الزرقاء (السيانو بكتريا) عدة سموم نذكر منها:

- الميكروسيستين Microcystin الذي يؤثر على الكبد ويعد من السموم الثابتة بيئياً ولا يتفكك بسرعة وتنتجه أنواع من *Cylindrospermopsis* , *Microcystis*.

- آنا توكسين Anatoxin الذي يؤثر على الجهاز العصبي وتنتجه أنواع من *Oscillatoria , Anabaena* .

وهي مركبات سامة تسبب موت الماشية المستهلكة للحياة التي تنمو فيها الجراثيم الزرقاء السابقة.

2- البنية الخلوية للجراثيم الزرقاء:

تتألف الخلية كما يوضح الشكل (رقم 20:3) من الأجزاء التالية:

أ- الجدار الخلوي المؤلف من مواد بكتو سيللوزية غنية بالغليكوز والمانوز بالإضافة إلى مواد شحمية وبروتينية تتوضع في طبقات تؤلف الأخيرة منها مادة جيلاتينية مخاطية.

ب- السيتوبلاسما والتي تكون محاطة بالغشاء السيتوبلاسمي وذات لون أزرق أو بنفسجي نتيجة تلونها بالمعقد الصباغي وخاصة اليزروق Phycocyanine واليحمور Phycoerythirne واليخضور الموجود في مجموعة حويصلات صفيحية متوضعة بشكل متعاقب في عدة طبقات، لذلك سميت بالبلاسما الصباغية Chromatoplasme.

تحتوي السيتوبلاسما على الجسيمات الريبية وعلى مواد مختلفة منها الفوليوتين Volutine وحبيبات شحمية وبروتينية، كما تحتوي على بعض الفجوات الصغيرة والفجوات الغازية أحياناً، بينما لا تحتوي على صانعات ولا جسيمات كوندرية ولا جهاز غولجي.

جـ- النواة أو البلاسما النووية Nucleoplasme التي تحتوي على مجموعة من الخيوط الدقيقة الملتفة التي تمثل الدنا DNA.

3- التكاثر عند الجراثيم الزرقاء:

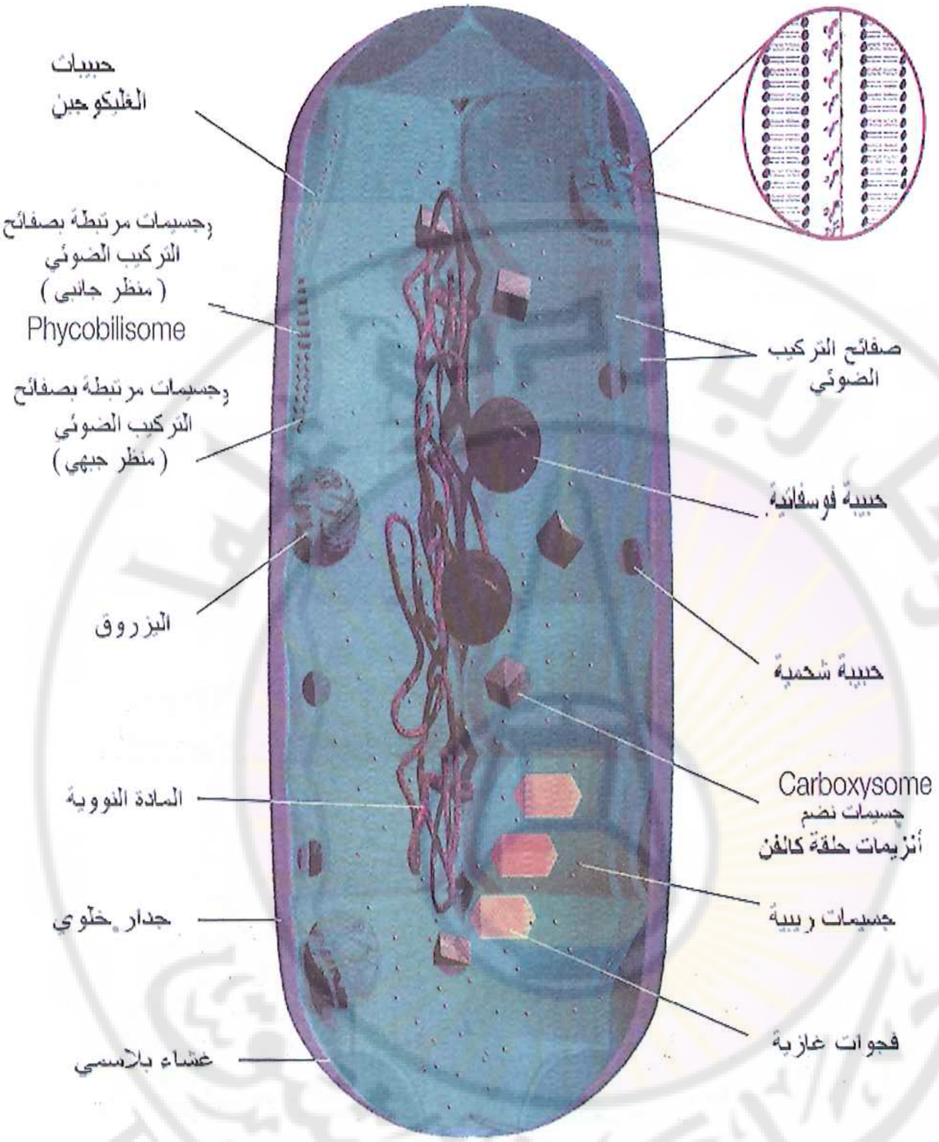
لا يعرف لهذه الجراثيم تكاثر جنسي ولا توجد فيها خلايا سوطية. بل تتكاثر إعاشياً بصورة دائمة إما بانقسام المشرة أو بتكوين أبواغ خاصة:

أ- التكاثر الخلوي:

ويشكل الطريقة الطبيعية لتكاثر الجراثيم الزرقاء وحيدة الخلية أو المتكتلة البسيطة كما في الـ *Gloeocapsa , Microcystis , Chroococcus* حيث يتحقق بانقسام الخلايا بالانشطار الثنائي كما هي الحال عند الجراثيم الحقيقية (شكل رقم 21:3).

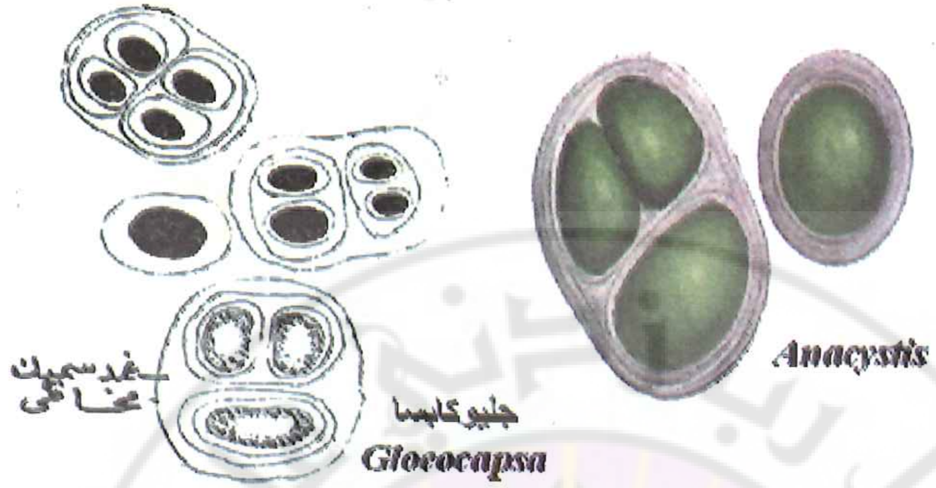
ب- التكاثر بتكوين الأبواغ الساكنة:

والتي قد تكون وحيدة الخلية فتدعى الأبواغ المكورة Coccospores كما في البلوروكوكوس *Pleurococcus* والانابينا *Anabaena* (شكل رقم 22:3)، أو متعددة الخلايا فتأخذ غالباً شكلاً متطاولاً لولبياً، كثير الخلايا، انسيابي الحركة وتسمى بالأبواغ المتعددة أو السلسلية Hormospores التي تكون عارية أو محاطة بغمد ثخين مقاوم مما يساعدها على حفظ النوع في الشروط البيئية غير الملائمة (شكل رقم 23:3) تماماً كما هي الحال في الخلايا الدائمة أو الأكينيت Akinetes التي هي عبارة عن خلايا مقاومة ذات غلاف ثخين ناتجة عن تحول الخلايا العادية للمشرة أو بعضها في الظروف البيئية غير الملائمة، والتي تعود وتنتش لإعطاء نبات جديد عند عودة الظروف الملائمة (شكل رقم 24:3).


حبيبات الغليكوجين
جسيمات مرتبطة بصفائح التركيب الضوئي (منظر جانبي)
Phycobilisome
جسيمات مرتبطة بصفائح التركيب الضوئي (منظر جبهي)
اليزروق
المادة النووية
جدار خلوي
غشاء بلاسمي
صفائح التركيب الضوئي
حبيبة فوسفاتية
حبيبة شحمية
Carboxysome
جسيمات تضم أنزيمات حلقة كالفن
جسيمات ريبية
فجوات غازية

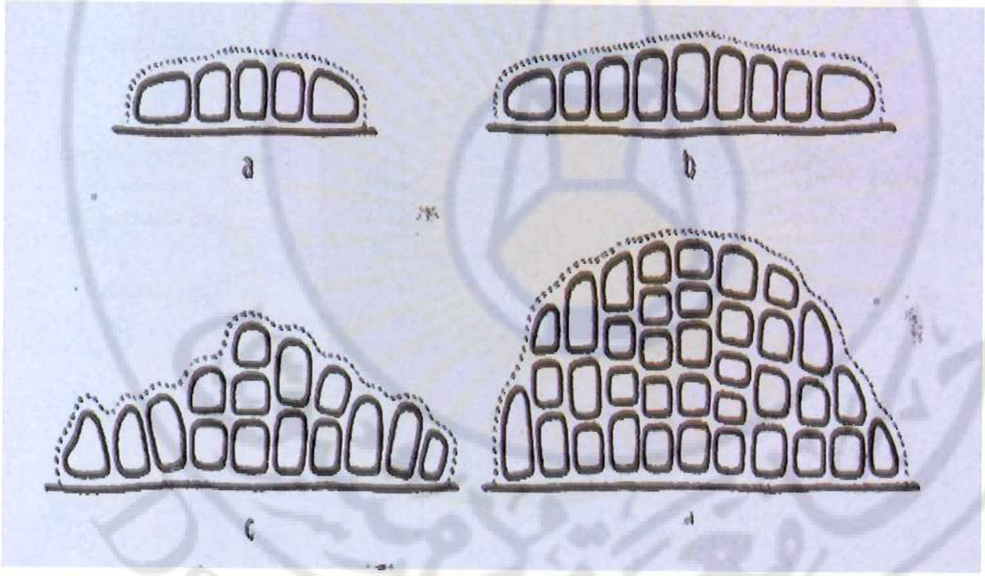
الشكل رقم 20:3

بنية خلية الجراثيم الزرقاء (السيانوبكتريا).


غمد سميك مخاطي
جليوكابسا
Gloeocapsa
Anacystis

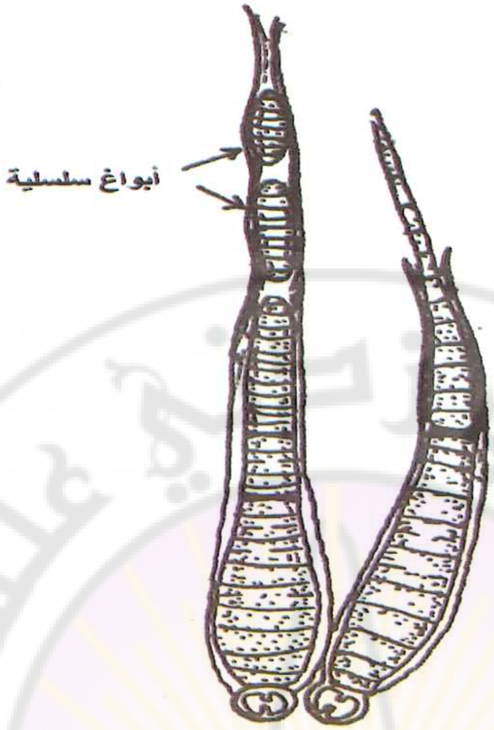
الشكل رقم 21:3

التكاثر بالانشطار الثنائي في الجراثيم الزرقاء



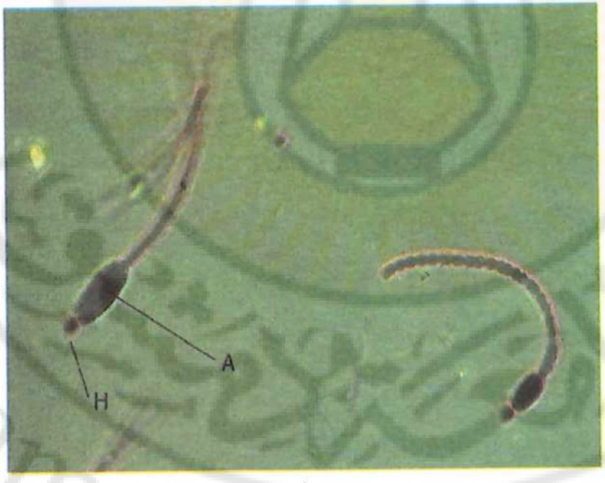
شكل رقم 22:3

التكاثر بتكوين الأبواغ الساكنة في جنس *Pleurocapsa*



الشكل رقم **23:3**

التكاثر بتكوين الأبواغ السلسلية في جنس ***Calothrix***



الشكل رقم **24:3**

نموذج عن الحويصلات المتباينة (**H**) والأكينيت (**A**) في جنس ***Cylindrospermum***

1-3 الأركيا Archaea أو الجراثيم القديمة:

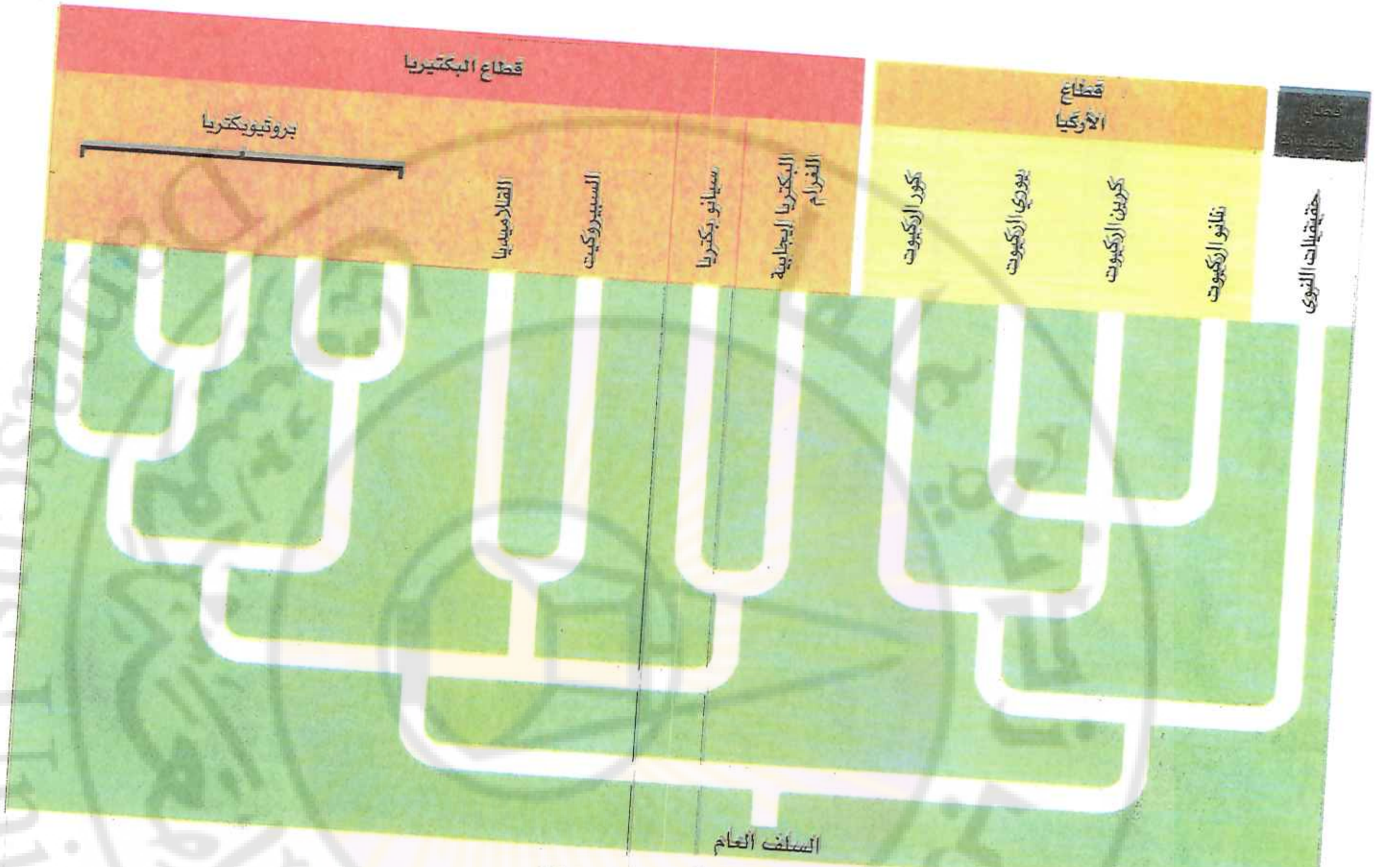
تشترك الأركيا أو الجراثيم القديمة مع الجراثيم الحقيقية في سمات معينة، ومع حقيقيات النوى في سمات أخرى يوضحها الجدول رقم /1:3/ وتتميز هذه الجراثيم بأنها تضم الجراثيم التي استطاعت العيش في الظروف البيئية القاسية (الحرارة الشديدة، الملوحة الشديدة) مثل جراثيم الميثان Methanogenes والجراثيم أليفة الملوحة halophiles والجراثيم الكبريتية أليفات الحرارة الشديدة Extreme thermophiles (الشكل رقم 1:3) .فمثلاً تعيش أركيا من جنس السلفولوبس Sulfolobus في الينابيع البركانية الغنية بالكبريت تحت درجة حرارة تصل إلى 90 ^{0}م . بينما توجد البيرولوبوس الفومارية *Pyrolobus fumarii* ذات الألفة بالحرارة الشديدة حول مخارج الماء الحار من قاع البحر في حرف أواسط الأطلسي Mid-Atlantic Ridge ويمكنها أن تبقى حية في درجة تصل حتى 113م . والمكورات الحمية الفوريوسية *Pyrococcus furiosus* هي الأخرى ذات ألفة بالحرارة الشديدة، وتستخدمها التقانات الحيوية كمصدر لبوليميراز الدنا DNA في تقنية تفاعل سلسلة البوليميراز PCR.

تعد جينوم الأركيا البالغة الصغر من أصغر جينومات الكائنات الحية المعروفة، وهو يحتوي على 500.000 فقط من الأزواج الأساسية Base pairs. ويشير تحليل الجينوم إلى انتماء بدائي النوى هذا إلى زمرة الأركيا الرابعة والتي تدعى الآن الأركيا القزمة Nanoarchacota (Nanos) إغريقية وتعني قزم. وبعد سنة من تسمية هذه الزمرة، عزلت من أنواع الأركيا القزمة ثلاث تتاليات أخرى من الدنا DNA : واحدة من الينابيع الحارة في يلوستون Yellowstone, وواحدة من الينابيع الحارة في سيبيريا، وواحدة من مخرج المياه الحارة في المحيط الهادي. وباستمرار التوقعات، يبدو أن الشجرة في الشكل رقم (25:3) ستخضع لتغيير آخر في السنوات القادمة.

وهكذا لا تزال الكشوفات الجديدة تُحدّثُ صورة تطور سلالة الأركيا. وأما طرائق تكاثرها فلا تختلف عن طرائق تكاثر الجراثيم الحقيقية المذكورة سابقاً. إضافة إلى استخدام معظم أنواعها في المجالات المختلفة للتقانات الحيوية.

جدول 1:3 مقارنة بين قطاعات الحياة الثلاثة

الخاصية	القطاع		
	البكتيريا	الأركيا	الحقيقيات
الغلاف النووي	غائب	غائب	موجود
العضيات المكتنفة بالغشاء	غائب	غائب	موجود
الببتيدوغليكان في جدار الخلية	موجود	غائب	غائب
لبِّيدات الغشاء	هيدروكربونات غير متفرعة	بعض الهيدروكربونات المتفرعة	هيدروكربونات غير متفرعة
بوليميراز الـ RNA	نوع واحد	أنواع متعددة	أنواع متعددة
الحمض الأميني البادئ لاصطناع البروتين	فورميل-ميثيونين formyl-methionine	ميثيونين	ميثيونين
الإنترونات introns (الأجزاء غير المرمزة من الجينات)	نادرة	توجد في بعض الجينات	موجودة
الاستجابة على المضادين الحيويين: ستربتومايسين وكلورامفينيكول	يتثبط النمو	لا يتثبط النمو	لا يتثبط النمو
الهيستونات المتشاركة مع الدّنا	غائبة	موجودة	موجودة
الصبغي الحلقي	موجود	موجود	غائب
المقدرة على النمو في حرارة تزيد عن 100°C	غير قادرة	بعض الأنواع	غير قادرة


قطاع البكتيريا
بروتيوبكتريا
القلاميديا
السبيروكيت
سيانو بكتريا
البكتريا البجابية الغرام
قطاع الأركيا
كور اركيوت
يوري اركيوت
كرين اركيوت
نانو اركيوت
حقيقيات النوى
السلف العام

▲ الشكل 25:3 التطور المبسط لسلالات بدائيات النوى: تسلط شجرة النَّسَب هذه المستندة إلى المعطيات الجزيئية الضوءَ على العلاقات بين المجموعات الرئيسة لبدائيات النوى التي يبحث فيها هذا الفصل.

الفصل الرابع

التكاثر في الطحالب Algae حقيقيات النوى

4-1 أهمية الطحالب

4-2 الأنماط الشكلية والبنيوية للطحالب

4-3 الصانعات في الطحالب

4-4 أنماط التكاثر عند الطحالب

4-5 تصنيف الطحالب ودراسة أمثلة من المجموعات التصنيفية المختلفة

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الرابع

التكاثر في الطحالب Algae حقيقيات النوى

اشتق مصطلح Algae من اللاتينية ويعني أعشاب البحر ومفرده Alga.

تنتمي الطحالب إلى مملكة بروتستا وينتمي إلى هذه المملكة أيضاً الفطريات المخاطية والبيضية التي تحدثنا عنها سابقاً.

الطحالب (باستثناء الجراثيم الزرقاء Blue-green Algae = Cyanobacteria) هي متعضيات حقيقية النوى Eukaryotic organisms وغالباً ذاتية الاغتذاء، مختلفة البنية والأحجام، تحوي في خلاياها على عضيات غشائية بما فيها الجسيمات الكوندرية، والنوى والصانعات التي تحوي على أصبغة قادرة على التقاط أشعة الشمس خلال عملية التركيب الضوئي الأوكسجيني Oxygenic Photosynthesis لأنها تحوي على أصبغة اليخضور Chlorophylls بالإضافة إلى الأصبغة المسماة أشباه الكاروتينات Carotenoids التي تضم أصبغة الكاروتين Carotenes وأصبغة اليصفور (الكزانتوفيل) Xanthophylls الصفراء و البنية، وقد يحوي بعضها أصبغة الفيكوبيلين Phycobilins التي تضم اليزروق Phycocyanins واليحمور Phycoerythrins، وهذه الأصبغة الثانوية هي التي تعطي الطحلب لونه الزاهي. علماً أن بعض الطحالب يستطيع أن يقوم بتغذية غيرية بسبب فقدانه أو عدم احتوائه على اليخضور كبعض الأوغلينات والطحالب النارية، وبعضها يمكن أن يتطفل على طحالب أخرى أو يعيش متطفلاً داخل أمعاء بعض الحيوانات البحرية.

للطحالب أشكال وبنيات وحجوم متنوعة ولكن ليس لها جذور ولا سوق أو أوراق ولا أنسجة وعائية. وهي مائية Aquatic بشكل أساسي، منها ما يعيش في المياه العذبة ومنها ما يعيش في المياه المالحة وقد سجل وجود بعض أنواعها في أعماق تصل إلى 360 متر، ولكن ينمو بعض أفرادها في التربة الرطبة، وعلى جذوع الأشجار

والصخور لاسيما تلك المتعايشة مع الطحالب والمشكلة ما يسمى بالأشنات Lichens, ويوجد بعضها في الثلج (شكل 4-1).

تلون الدب القطبي بالأخضر بسبب الطحالب الخضراء الموجودة في الثلج

الثلج الأخضر

الثلج الأحمر

(شكل 4-1): تلون الثلج بالأخضر والأحمر بسبب وجود الطحالب

ويعتقد أن الطحالب هي الأحياء الأولى القادرة على القيام بالتركيب الضوئي, وتعتبر الوحيدة قبل ظهور النباتات على الأرض, القادرة على التركيب الضوئي منذ ملايين السنين.

تتراوح حجوم الطحالب بين بضع ميكرومترات كجنس *Chlorella* من الطحالب الخضراء حيث يبلغ قطر الخلية نحو 2 ميكرومتر، ويمكن أن يصل طول بعضها حتى 100متر كجنس *Macrocystis* من الطحالب السمراء. تتوضع أبواغ الطحالب وأعراسها في أكياس يكون جدار الكيس هو جدار الخلية الأم المشكلة للكيس, على حين أننا نلاحظ في النباتات الأرقى وجود طبقة أو أكثر من الخلايا العقيمة المحيطة بالخلايا المخصبة. وتتميز الطحالب أيضاً باحتواء الصانعة في غالبيتها على جسم أو جسيمات آحية (فُصاة) Pyrenoids غنية بالأنزيمات المساعدة في عملية التركيب الضوئي, لاسيما في الظروف التي يكون فيها تركيز غاز ثنائي أوكسيد الكربون Co_2 منخفضاً، وتعتبر هذه الصفة بدائية.

يكون جدار معظم الطحالب مثل النباتات قاسياً، يحوي على السليلوز بنسبة كبيرة باستثناء المشطورات التي يحوي جدارها الخلوي على السيليس مما يعطيه قساوةً إضافية ويفيد في تصنيفها.

يتحرك قسم من الطحالب بفضل سوط أو أكثر خلال حياته الإعاشية, وبعضها الآخر تكون أعراسه و/ أو أبواغه متحركة.

يمكن أن تتكاثر الطحالب إعاشياً Vegetatively, ولا جنسياً Asexually, وجنسياً Sexually.

4-1- أهمية الطحالب Importance of Algae:

يمكن إجمال أهمية الطحالب, الإيجابية منها والسلبية بعدة نقاط:

1- تعتبر الطحالب المنتجات الأساسية في النظم البيئية المائية فهي تقوم بالتركيب الضوئي مغنية الوسط بالأوكسجين. وتعتمد الأسماك على الطحالب في غذائها بطريقة مباشرة أو غير مباشرة. كما تُستخدم الطحالب مثل *Scenedesmus* كمواد غذائية في المزارع السمكية.

2- تعتبر الطحالب ذات أهمية كبيرة في معالجة وتنقية مياه الصرف الصحي, إذ يؤدي قيامها بعملية التركيب الضوئي إلى إغناء الوسط المائي بالأوكسجين مما يساعد بعض أنواع الجراثيم في تفكيك المواد العضوية الملوثة للمياه, ناهيك عن قدرة بعض أنواع الطحالب على تفكيك المواد العضوية والسامة أيضاً.

3- يشكل نمو وازدهار بعض أنواع الطحالب بما تنتجه من سموم, مشاكل في المستنقعات والأنهار ومخازن المياه مما يشكل خطورة على صحة الإنسان والحيوان المستفيد من هذه المياه. ومن الأمثلة على ذلك المد الأحمر Red Tide عند ازدهار الطحالب النارية (شكل 4-2).

(شكل 4-2): ظاهرة المد الأحمر الناتجة عن ازدهار الطحالب النارية

4- تشكل الطحالب الميتة في قاع البحار والمحيطات مع الأحياء الميتة الأخرى الحيوانية منها والنباتية مصدراً لتكوين البترول وغاز الميتان.

5- تشكل الطحالب الحمراء والخضراء والسمراء المتكلسة عند موتها وترسبها في قاع البحار والمحيطات مصدراً للحجر الكلسي.

6- يُعد الكثير من الطحالب الخضراء والحمراء والسمراء مصدراً غذائياً مهماً غنياً بالفيتامينات مثل فيتامينات a,b,c,d,e, واليود, والبروتين. نذكر على سبيل المثال أنواع جنس *Ulva* من الطحالب الخضراء وجنس *Porphyra* من الطحالب الحمراء. ويضاف في اليابان مسحوق الكلوريلا *Chlorella* إلى الشاي الأخضر, ويشرب عصير *Spirulina* (من الجراثيم الزرقاء)، ويضاف مسحوق الأوسيلاتوريا *Oscillatoria* (من الجراثيم الزرقاء) إلى الخبز لتحسين محتواه البروتيني. كما تستخدم بعض أنواع الطحالب من جنس *Alaria* على سبيل المثال علفاً للحيوانات.

7- استُخدم الكثير من الطحالب في الدراسات البحثية فاستُخدم جنس *Chlorella* في الأبحاث المتعلقة بالتركيب الضوئي كما استُخدمت أنواع جنس *Acetabularia* في أبحاث الوراثة.

8- يستخدم الكثير من الطحالب كمخصبات للتربة نظراً لغناها بالأملاح المعدنية, ناهيك عن التسميد الحيوي للتربة والذي تستخدم فيه الجراثيم الزرقاء Cyanobacteria نظراً لقدرة الكثير من أجناسها في تثبيت الآزوت الجوي.

9- يعتبر الكثير من الطحالب مهماً من الناحية الطبية إذ يستخدم في معالجة الكثير من الاضطرابات في جسم الإنسان, فقد استُخدم *Sargassum* و *Laminaria* من الطحالب السمراء في علاج الغدة الدرقية, كما استُخدم طحلب *Sargassum* أيضاً في علاج أمراض الكلا. واستُخدمت الطحالب الحمراء كجنس *Gelidium* في معالجة أمراض المعدة. كما تُستَخدم بعض الطحالب السمراء كجنس *Fucus* في تحضير الهرمونات الجنسية.

10- يدخل السيليس في تكوين جدر بعض الطحالب كالمشطورات Diatoms لذلك تشكل عند موتها وترسبها في قاع البحار والمحيطات, ما يسمى بالترب الدياتومية Diatomaceous earth ذات الأهمية الكبيرة في الكثير من الصناعات، فهي تستخدم في الترشيح, وإزالة الألوان في الصناعات النسيجية وصناعة السكر, وتستخدم كعازل جيد للحرارة والصوت, وفي صناعة معاجين الأسنان و مساحيق تلميع المعادن, وفي صناعة بطاريات السيارات.

11- يغزر الألجين في جدران الطحالب السمراء كأجناس *Laminaria, Sargassum, Fucus*. ولهذه المادة قدرة كبيرة على احتباس الماء, وفي تكثيف الأغذية كالعصائر والحليب. وتستخدم في الكثير من الصناعات كصناعة الآيس كريم, وفي صناعة الأصباغ, والمطاط وصباغة الأنسجة، وفي صناعة مواد تلميع السيارات. وفي معاجين وقوالب صناعة الأسنان وفي صناعة السيراميك. وفي الصناعات الدوائية كالأدوية السائلة (شراب السعال..)، وفي صناعة مساحيق التجميل.

12- تغزر مادة الآغار في الجدران الخلوية للطحالب الحمراء كجنسي *Gelidium, Gracilaria* وغيرهما. وتستخدم هذه المادة في تصليب الأوساط المغذية المستخدمة في مخابر الأحياء الدقيقة, وفي الكثير من الصناعات الغذائية كمادة مقاومة للجفاف، وفي صناعة الأفلام الفوتوغرافية, وفي صناعة ورنيش تلميع الأحذية، وفي صناعة معاجين الحلاقة، وفي صناعة الحلويات الجيلاتينية وغيرها الكثير.

13- يتطفل بعض أنواع الطحالب على النباتات مثل جنس *Cephaleuros* الذي يتطفل على نبات الشاي *Thea* والفلفل *Piper*.

14- تعتبر الطحالب دالات حيوية Bioindicators مهمة على نوعية المياه نظراً لحساسيتها الكبيرة تجاه تغيرات الشروط المحيطة بها، كنسبة الأوكسجين المذاب في المياه وغزارة العناصر المغذية ووجود ملوثات سامة. فوجود هذا النوع أو

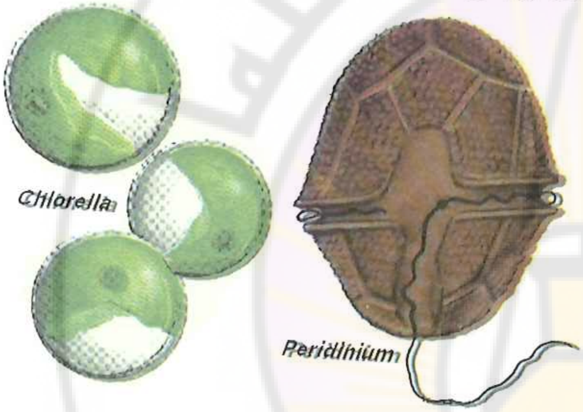
ذاك من الطحالب يمكن أن يكون دليلاً على نظافة المياه أو تلوثها بالنفط أو دليل وجود عنصر معدني معين بتراكيز عالية.

4-2 الأنماط الشكلية والبنيوية للطحالب:

تبدي الطحالب تنوعاً كبيراً في شكليتها وبنيتها فقد تكون وحيدة الخلية, أو عديدة الخلايا، أو بشكل مستعمرات، أو خيطية، أو ذات بنية كلادومية.

4-2-1 الطحالب أحادية الخلية Unicellular:

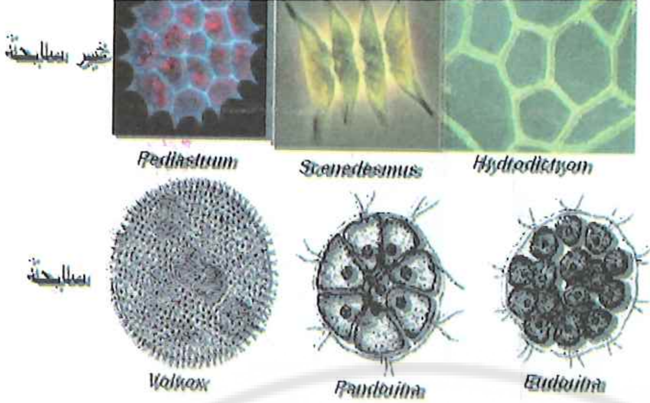
يتكون جسم الطحلب هنا من خلية واحدة سابحة بسوط أو أكثر كما هو الحال في طحلب الكلاميدوموناس *Chlamydomonas* من الطحالب الخضراء وفي غالبية الطحالب النارية كجنس *Ceratium* وجنس *Peridinium*, وقد تكون غير مزودة بسياط أي ساكنة ويكون انتقالها من مكان لآخر معتمد على موجات المياه كما في جنس *Chlorella* (شكل 4-3).



(شكل 4-3): الطحالب أحادية الخلية

4-2-2 الطحالب ذات البنية المتكتلة (مستعمرات) Colonies:

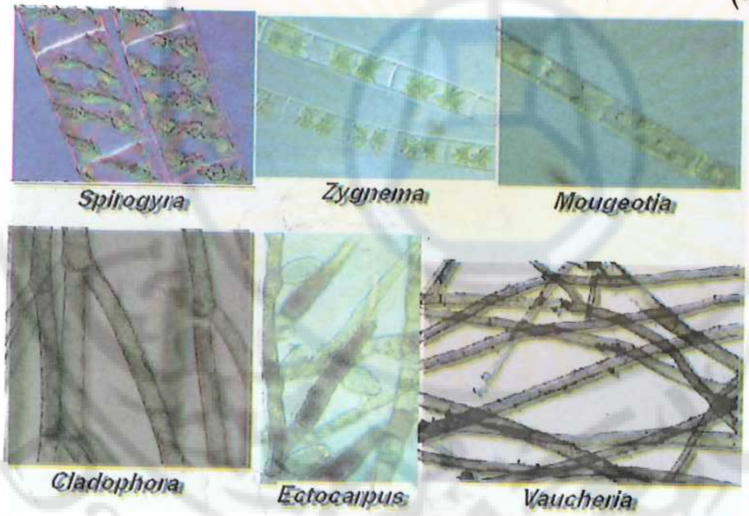
قد يتكون جسم الطحلب من مجموعة خلايا متكتلة بشكل مستعمرة مؤلفة من عدد قليل أو كبير من الخلايا، وقد يكون جميع أو بعض هذه الخلايا مزود بسياط فنكون أمام مستعمرة تتحرك بمحصلة قوة ضربات سياطها كما في مستعمرات: *Pandorina, Eudorina, Volvox*, وقد تكون خلايا المستعمرة غير مزودة بسياط تعتمد على حركة المياه كما في: *Scenedesmus, Pediastrum, Hydrodictyon* (شكل 4-4).


غير سابحة
سابحة
Pediastrum
Scenedesmus
Hydrodictyon
Volvox
Pandorina
Eudorina

(شكل 4-4): الطحالب ذات البنية المتكتلة (مستعمرات)

4-2-3 الطحالب ذات البنية الخيطية Filamentous:

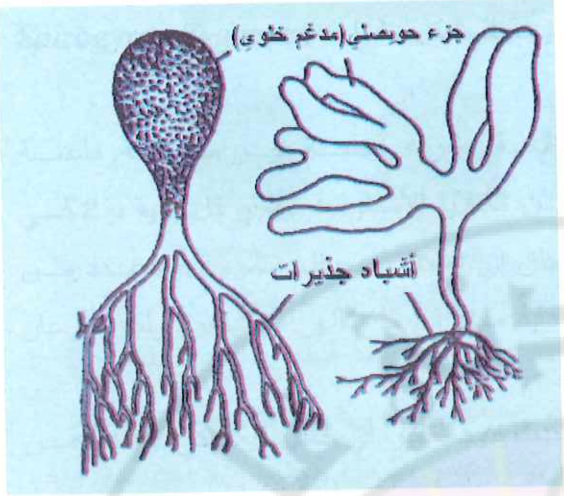
يتكون جسم الطحلب في هذه الحالة من خيوط Filaments، تتكون من ارتباط وثيق لعدد كبير من الخلايا, وقد تكون هذه الخيوط حاجزية غير متفرعة كما في *Spirogyra*, *Zygnema*, *Mougeotia*, *Ulothrix*، أو تكون حاجزية متفرعة كما في جنس *Cladophora*, *Ectocarpus*, *Giffordia*. وقد تكون هذه الخيوط أنبوبية (سيفونية) Siphonous كما في جنس *Vaucheria* من الطحالب الصفراء المخضرة (شكل 4-5).


Spirogyra
Zygnema
Mougeotia
Cladophora
Ectocarpus
Vaucheria

(شكل 4-5): الطحالب ذات البنية الخيطية

بشكل مدغم خلوي Coenocyte:

لا يكون جسم الطحلب هنا مقسماً إلى خلايا, إنما يكون بشكل حويصلة متنوعة الأشكال فقد تكون كروية أو مفصصة تحتوي على عدد من النوى، وقد تكون مزودة بجزء خيطي متفرع للتثبت في الوسط يمثل أشباه جذيرات كما في جنس *Botrydium* (شكل 4-6).



(شكل 4-6): بنية الطحلب بشكل مدغم خلوي في نوعين من جنس *Botrydium*

4-2-4 الطحالب الصفيحية Sheet:

تأخذ مشرة الطحلب في هذه الحالة شكل صفيحة مكونة من عدد كبير من الخلايا، ومكونة من صف أو أكثر من الخلايا المتطبقة ذات بنية برنشيمية، ويعزى هذا الشكل إلى قدرة خلايا المشرة على الانقسام في عدة اتجاهات كما في جنس *Ulva* من الطحالب الخضراء, وجنس *Porphyra* من الطحالب الحمراء (شكل 4-7).

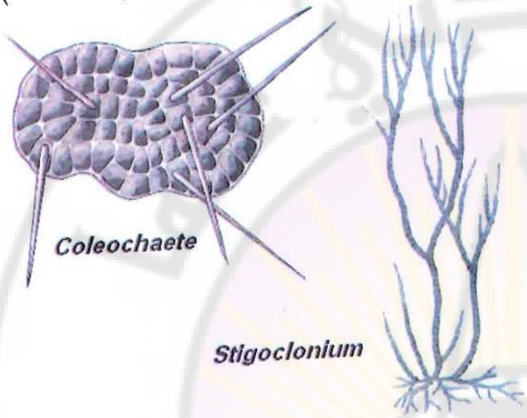
Porphyra

Ulva

(شكل 4-7): الطحالب الصفيحية

5-2-4 الطحالب متباينة الشكل **Different form** :

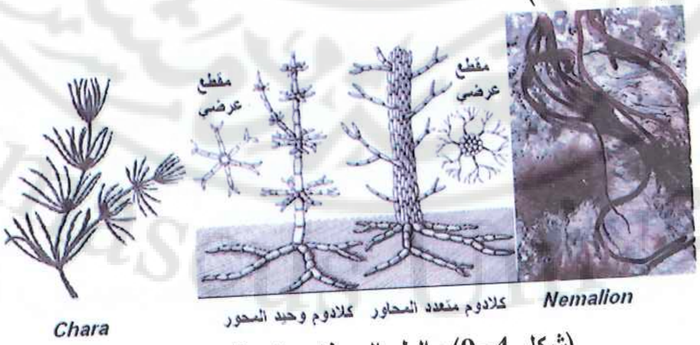
يتكون جسم الطحلب لدى الطحالب متباينة الشكل من جزء زاحف Prostrate يتكون من مجموعة من الخيوط أو من صفيحة ذات بنية برنشيمية كاذبة, يمتد منها شاقولياً Vertical مجموعة من الخيوط, كما في جنس *Coleochaete* (شكل 8-4)، وتؤدي الشروط المحيطة كتركيز العناصر المغذية دوراً في تطور الجزء الزاحف أو الشاقولي, لدرجة قد يغيب فيها أحد الجزأين بشكل كامل.


Coleochaete
Stigoclonium

(شكل 8-4): الطحالب متباينة الشكل

6-2-4 الطحالب ذات البنية الكلادومية **Cladom**:

وهي أكثر الطحالب تطوراً, وتتمثل بنية المشرة بخيوط ذات نمو قمي مستمر تحمل غصينات جانبية محدودة النمو. وقد يكون الكلادوم وحيد المحور إذا كان محور الكلادوم مكوناً من صف واحد من الخلايا المنحدرة من خلية قمية واحدة كما في أجناس *Chara, Sphacelaria, Antithamnion*, وقد يكون الكلادوم متعدد المحاور مكوناً من عدة صفوف خلوية منحدرة من عدة خلايا قمية كما في جنس *Nemalion* (شكل 9-4).


مقطع عرضي
مقطع عرضي
Nemalion
كلادوم متعدد المحاور
كلادوم وحيد المحور
Chara

(شكل 9-4): الطحالب ذات البنية الكلادومية

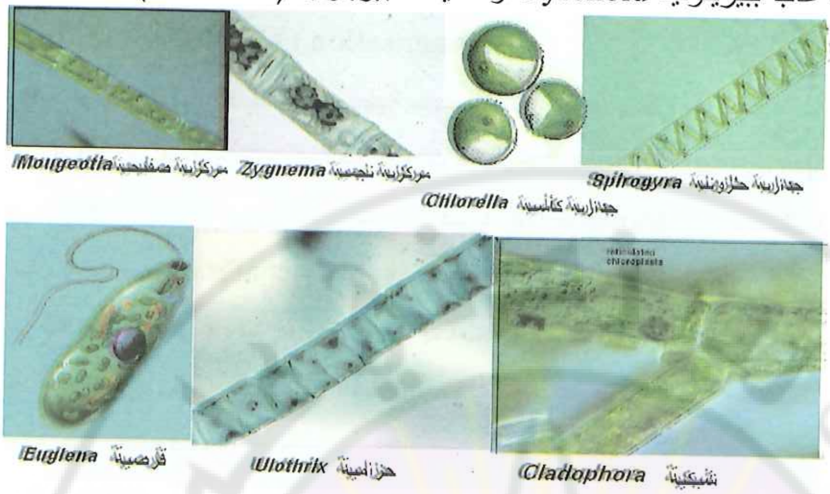
وقد تبتعد بنية الطحلب الكلادومية قليلاً أو كثيراً عن البنية النموذجية, فقد تضمر الغصينات الجانبية وتختزل إلى خلايا تلتحم في مستوى الحاجز الفاصل بين خليتين محوريتين متتاليتين مشكلة قشرة محيطة بالخلايا المحورية كما في جنس *Ceramium*, كما يمكن للغصينات أن تلتحم مع بعضها فيأخذ الطحلب شكلاً صفيحياً يشبه بمظهره أوراق النباتات الراقية كما في جنس *Delesseria* (شكل 4-10), وقد تزول الحواجز بين خلايا المحور فيبدو الطحلب بشكل أنبوب فارغ كما في جنس *Bryopsis*. والأمثلة على ذلك كثيرة.

(شكل 4-10): بنية كلادومية وحيدة المحور في جنس *Delesseria* من الطحالب الحمراء

3-4 الصانعات في الطحالب The Plasts in Algae:

يوجد في الطحالب نمطين من الصانعات: صانعات خضراء (حاملات الصباغ Chromatophores)، وصانعات نشوية, فعند وجود الصانعات الخضراء فقط نقول بأن الطحلب متجانس الصانعات, أما عند وجود كلا النمطين من الصانعات فنقول بأن الطحلب متباين الصانعات. ويكمن الاختلاف في الصانعات الخضراء حيث يتغير شكلها وطريقة توضعها في الخلية بشكل كبير من طحلب إلى آخر. فبعضها لا يحوي إلا صانعة واحدة في الخلية, وفي بعضها الآخر يمكن أن يتجمع عدة صانعات مع بعضها بشكل شبكة, وطحالب أخرى تحوي في خلاياها على صانعات عديدة مستقلة عن بعضها. وقد سمحت دراسة الصانعات في الطحالب الخضراء بمتابعة تطورها. فعند وجود صانعة واحدة في الخلية تكون في البداية مركزية مزودة بجسيم آحي (بيرينوئيد) واستطالات تلتصق بغلاف الخلية. وفي مرحلة لاحقة تتحول الصانعة المركزية إلى صفيحية جدارية يمكن أن تلتصق بالغلاف الخلوي في بعض الأماكن وتأخذ أشكالاً مختلفة حلقية, لولبية, أوجدارية متقبة إلى أن نصل إلى الشكل الشبكي.

وأخيراً يمكن أن تتقطع الصانعة الشبكية إلى عددٍ من الصانعات القرصية المستقلة المزودة غالباً ببيرينوئيد Pyrenoid أو عديمة البيرينوئيد (شكل 4-11).


مركزانية صفائحية Mougeotia
مركزانية نجمية Zygnema
جدارانية كأسية Chlorella
جدارانية حلزونية Spirogyra
قرصية Euglena
حزامية Ulothrix
reticulated chloroplasts
شبكية Cladophora

(شكل 4-11): أشكال الصانعات الخضراء في الطحالب

4-4 أنماط التكاثر عند الطحالب:

تتمثل الخصوصية الأساسية للطحالب خاصة ولكل أشكال الحياة عموماً ببقاء الفرد واستمراريته, وهذا يتضمن نموه وتكاثر خلاياه. يُحقق النمو ازدياد حجم الفرد أما استمراريته فتتأمن بفضل التكاثر. تتكاثر الطحالب إعاشياً Vegitatively, ولا جنسياً Asexually, وجنسياً Sexually.

4-4-1 التكاثر الإعاشي Vegitative Reproduction:

4-4-1-1 بالانقسام البسيط للخلية:

وهو شائع لدى الطحالب وحيدة الخلية ويتم بالانشطار في Cyanobacteria التي هي بدائية النوى, حيث ينقسم محتوى الخلية الأم إلى خليتين ثم تكبر هاتان الخليتين لتصبحا بحجم الخلية الأم. أما في الطحالب وحيدة الخلية حقيقية النواة فيكون الانقسام خيطياً Mitosis كما في جنس *Euglena* حيث تنقسم الخلية طولياً إلى نصفين يشكل كل منهما خلية كاملة.

ويؤدي الانقسام الخلوي للطحالب عديدة الخلايا إلى نمو مشرة الطحلب وفي الطحالب الخيطية يمكن أن يكون هذا النمو بينياً كما في خيوط جنس *Ectocarpus* أو قمياً

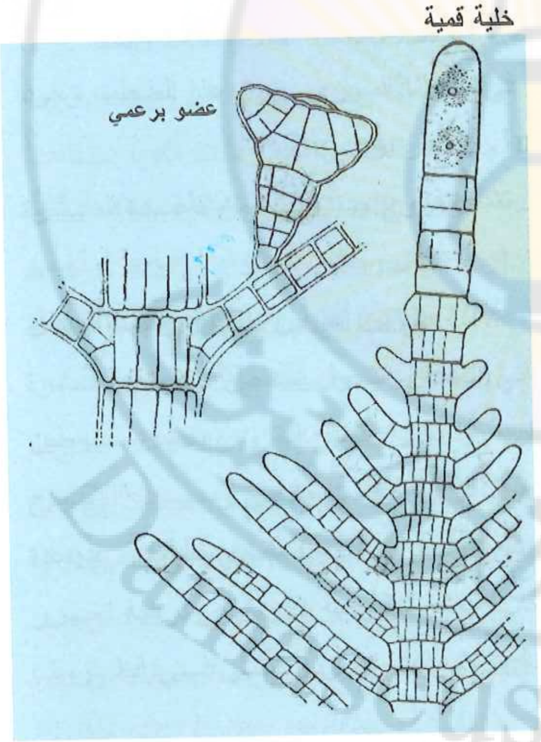
كما في الطحالب ذات البنية الكلادومية مثل جنس *Chara* و جنس *Nemalion*, وذلك اعتماداً على بنية المشرة.

4-4-1-2 بالتفتت (التجزؤ) Fragmentation:

وهو شائع في الطحالب الخيطية حيث ينقسم الخيط بشكل عَرَضي لسبب أو لآخر ويتابع كل جزء انقساماته الخلوية ونموه مثل *Spirogyra, Vaucheria*. وفي جنس *Oscillatoria* من الجراثيم الزرقاء Cyanobacteria يتشكل أقراص انفصال Separation discs تسهل انفصال وتقطع الخيط إلى عدة أجزاء, يتابع كل جزء انقساماته الخلوية ونموه. ويمكن أن يحدث التفتت في مشرات الطحالب ذات البنية الكلادومية وتستطيع القطع المنفصلة متابعة نموها خصوصاً إذا كانت الفتيتة محتوية على خلية قمية.

4-4-1-3 بواسطة براعم خاصة Propagula:

وتلاحظ هذه الطريقة عند الكثير من الطحالب البحرية السمراء والحمراء مثل *Plumaria, Sphacelaria* (شكل 4-12). حيث تتشكل هذه البراعم على أغصان خاصة تنفصل عن المشرة الأم وتتابع تطورها لتعطي أفراداً جديدة, وتجدر الإشارة إلى أن هذه الطريقة لا تقتصر على الطحالب فحسب بل تشاهد لدى النباتات الراقية أيضاً وكذلك لدى الأشناتLichens.



(شكل 4-12): خلية قمية وعضو برعمي في الطحلب الأسمر *Sphacelaria*

4-4-2 التكاثر اللاجنسي

:Asexual Reproduction

تتكاثر الطحالب لا جنسياً بتكوين أنماط مختلفة من الأبواغ Spores. ومن أهم أنماطها:

1-2-4-4 الأبواغ الساكنة Aplanosores:

يتشكل هذا النمط من الأبواغ في الظروف غير المناسبة كالجفاف فتفشل الأبواغ بتكوين السياط وتكون غنية بالمدخرات الغذائية وذات جدر ثخينة ومثالها *Chlorella, Scenedesmus, Ulothrix*. وقد يتجمع عدد منها في غلاف مخاطي فيتشكل بذلك ما يسمى بالطور البالميلي *Palmella* stage مثل *Chlamydomonas, Ulothrix, Chlorococcummm*.

2-2-4-4 الأبواغ الحيوانية Zoospores (السابحة Planospres):

وتتكون في خلايا معينة في خيوط الطحلب وقد تكون ثنائية السياط مثل *Hydrodictyon, Pediastrum, Chlorococcum, Ectocarpus* أو رباعية السياط مثل *Stigeoclonium, Draparnaldia, Ulothrix* أو ثنائية ورباعية السياط مثل *Cladophora* أو إكليلية السياط مثل *Oedogonium, Derbesia* أو عديدة السياط مثل *Bryopsis, Vaucheria*.

3-2-4-4 الأبواغ الأحادية Monospores :

وهي أبواغ ساكنة تتكون لدى بعض الطحالب الحمراء مثل جنس *Porphyra, Batrachospermum*.

4-2-4-4 الأبواغ السلسلية Hormospores:

وهي مجموعة من الخلايا تنفصل من خيط الطحلب الإعاشي وتنمو في الظروف الملائمة مشكلة مشرة جديدة كما في Cyanobacteria مثل *Lyngbya, Oscillatoria* .

5-2-4-4 أبواغ الأكينيت Akinetes:

وهي أبواغ مقاومة ذات جدار ثخين وغنية بالمدخرات تتشكل لدى الكثير من

الطحالب الخضراء مثل *Ulothrix, Tribonema* والـ Cyanobacteria مثل *Anabaena, Nostoc*.

4-4-2-6 المستعمرات البنات **Daughter colonies**:

وتلاحظ في بعض الطحالب المتكتلة مثل *Pandorina, Volvox, Pediastrum* حيث تنقسم بعض الخلايا الإعاشية أو خلايا متخصصة في المستعمرة الأم عدداً من الانقسامات الخيطية، ويجري ذلك داخل جوف المستعمرة الأم أو داخل خلايا المستعمرة الأم, وتترتب الخلايا البنات الناتجة لتشكل مستعمرات بنات تخرج بعد تمزق جدار الخلية الأم.

4-4-3 التكاثر الجنسي **Sexual Reproduction** :

يحدث التكاثر الجنسي في الظروف غير الملائمة كنقص المغذيات أو بسبب الجفاف، باتحاد المادة المورثية لخليتين جنسيتين أو عروسين Gametes ذكرية وأنثوية يتمايزان ضمن أكياس Cystes. إن بنية وسلوك الأعراس هو الذي يعطي التزاوج طابعه. ويمكن تلخيص نماذج الإلقاح الممكنة بما يلي (شكل 4-13):

4-4-3-1 الإلقاح المتماثل **Isogamy**:

وتكون العروس الأنثوية مماثلة للعروس الذكرية بالشكل والحجم كما في جنس *Chlamydomonas*.

4-4-3-2 الإلقاح غير المتماثل (المتباين, المتغاير) **Heterogamy**:

في هذه الحالة تكون العروس الذكرية مختلفة عن العروس الأنثوية بالشكل أو الحجم كما في *Bryopsis, Pandorina, Codium*.

4-4-3-3 الإلقاح السابح **Planogamy**:

يكون الإلقاح سابحاً إذا كانت الأعراس المتزاوجة سابحة كما في *Pandorina, Chlamydomonas, Ulva, Codium*.

4-4-3-4 الإلقاح الساكن **Aplanogamy**:

ويكون في هذه الحالة كلا العروسين ساكنين, ويلاحظ في الطحالب الحمراء حيث يجري الإلقاح بين نطفة صغيرة عديمة السياط وبيضة موجودة داخل مبيض مزود

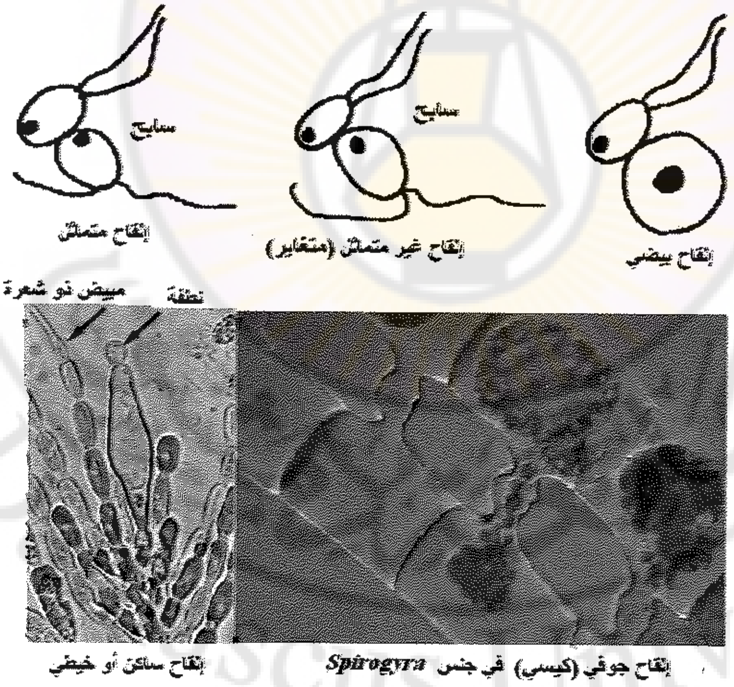
بشعرة Trichogyne, تسهل هذه الشعرة وصول النطفة الساكنة إلى البيضة الموجودة داخل المبيض. ويدعى هذا الإلقاح أيضاً بالإلقاح الخيطي Trichogamy. وتجدر الإشارة إلى انعدام وجود أي أشكال متحركة في الطحالب الحمراء والزرقاء.

4-4-3-5 الإلقاح البيضي Oogamy:

نقول عن الإلقاح بأنه بيضي عندما يتم بين عروس ذكرية متحركة (نطفة سابحة) وبين عروس أنثوية ساكنة (بيضة كروية) كما في *Oedogonium* الأخضر, و*Fucus* الأسمر, والكارا *Chara* من الطحالب الكارية.

4-4-3-6 الإلقاح الجوفي Cytogamy:

ويطلق عليه أيضاً الإلقاح الكيسي Cystogamy. وفيه لا تخرج الأعراس من أكياسها العروسية بل ينتقل محتوى الكيس العروسي الذكري إلى الكيس العروسي الأنثوي ويتحد معه كما في طحلب *Spirogyra*, *Zygnema* من الطحالب الخضراء.


سابح
سابح
إلقاح متماثل
إلقاح غير متماثل (متغاير)
إلقاح بيضي
مبيض ذو شعرة
نطفة
إلقاح ساكن أو خيطي
إلقاح جوفي (كيسي) في جنس *Spirogyra*

(شكل 4-13): نماذج الإلقاح الرئيسية في الطحالب

تتضمن حلقة حياة طحلب ما جيلاً واحداً وأحياناً جيلين ونادراً ثلاثة أجيال، وهنا يبرز مفهوم تعاقب الأجيال Alternation of generations والجيل هو مجموعة خلايا أو متعضية تنجم بالانقسام الخيطي Mitosis عن خلية تكاثرية (بوغة أو زيغوت) وينتهي بإعطاء خلايا تكاثرية (أعراس أو أبواغ). فإذا تضمنت حلقة حياة الطحلب جيلاً واحداً كان نمط حلقة حياته أحادي الجيل, وإذا تضمنت حلقة الحياة جيلين فإن نمط حلقة حياته ثنائي الجيل وإذا تضمنت حلقة حياته ثلاثة أجيال يكون نمط حلقة حياته ثلاثي الجيل. ولكل جيل من هذه الأجيال صيغة صبغية فقد يكون الجيل أحادي الصيغة الصبغية 1n وقد يكون مضاعف الصيغة الصبغية 2n. وقد تكون هذه الأجيال متماثلة شكلياً وقد تكون مختلفة بالشكل، وليس من الضروري أن يترافق تماثل الشكل هذا بتماثل الصيغة الصبغية.

5-4 تصنيف الطحالب Classification of Algae ودراسة أمثلة من المجموعات التصنيفية المختلفة:

تعتبر الطحالب من أهم الأحياء التي تقوم بعملية التركيب الضوئي فهي تلتقط من أشعة الشمس, وتطلق من الأوكسجين أكثر من مجمل النباتات الأخرى على سطح الأرض, كما تشكل أساس معظم الشبكات الغذائية المائية مما يدعم حياة الحيوانات، فضلاً عن أن بعضها يتعايش مع المرجان, وبعضها يتعايش مع الفطريات مشكلاً الأشنات Lichens.

أما بالنسبة لعدد أنواع الطحالب فلا يوجد رقم دقيق وهو يتراوح برأي الباحثين بين 27000 و 36000 نوع, يعيش أقل من ثلث هذا العدد في المياه المالحة.

يعتمد العلماء في تقسيم الطحالب في شعب بشكل رئيسي على صفات عدة منها, أصبغة اليخضور, الأصبغة الثانوية, نواتج التركيب الضوئي, بنية الجدار الخلوي, أعضاء التكاثر, ومظاهر مختلفة من التعضي الخلوي. وقد بينت الدراسات الجزيئية الحديثة بأن الطحالب أكثر تعقيداً مما كان معتقداً في السابق, مما دفع الباحثين إلى إعادة تنظيم وترتيب مجموعاتها التصنيفية المختلفة, الأمر الذي دفع لظهور تصانيف عديدة, بحسب المعايير المستخدمة في تصنيفها. فيرى بعض الباحثين W.H.Harvey

(1811-1866) تقسيم الطحالب في أربعة أقسام هي: الطحالب الحمراء Red Algae (Rhodophyta) - الطحالب البنية أو السمراء Brown Algae (Heteromontophyta) - الطحالب الخضراء Green Algae (Chlorophyta)- المشطورات Diatomaceae, على حين أن بعضهم الآخر يرى تقسيم الطحالب في شعب أو أقسام يمكن أن يزداد عددها ليصل إلى 15 شعبة. وسوف نعتمد التصنيف الذي ذكر سابقاً في الجدول (1-3) مع تعديل بسيط ليكون متماشياً مع مايراه غالبية المصنفين, وفيه تقسم الطحالب إلى عشر شعب Phyla أو أقسام Divisions حيث يستخدم معظم المصنفين هذين المصطلحين بنفس المعنى:

1- شعبة الطحالب الخضراء Chlorophyta (Green algae) .
2- شعبة الطحالب الكارية Charophyta (Stoneworts).
3- شعبة الطحالب الأوغلينية Euglenophyta (Euglenoids).
4- شعبة الطحالب الصفراء المخضرة Xanthophyta (Yellow-green algae).
5- شعبة الطحالب الذهبية(Golden algae) Chrysophyta.
6- شعبة الطحالب العصوية (المشطورات) Bacillariophyta (Diatoms) .
7- شعبة الطحالب السمراء (البنية) Phaeophyta (Brown algae).
8- شعبة الطحالب النارية Pyrrophyta = Dinophyta (Dinoflagellates).
9- شعبة الطحالب المستخفية Cryptophyta (Cryptomonads).
10- شعبة الطحالب الحمراء Rhodophyta (Red algae).

ونشير على سبيل المثال أن بعض المصنفين يرون وضع الطحالب الصفراء المخضرة, الذهبية, المشطورات والسمراء في صفوف وتضمينها جميعاً ضمن شعبة الطحالب الملونة Chromophyta، وبعضهم الآخر يضيف شعبة أخرى هي Prymnesiophyta (Haptophyta) (جدول 4-1).

(جدول 4-1): مقارنة بين شعب الطحالب المختلفة

السياط Flagella	أصبغة اليخضور Chlorophylls	المدخرات الغذائية Food Reserves	الشعبة Phylum
2،4، أو أكثر في القمة، أو غير موجودة	$a + b$	نشاء	Chlorophyta 7,500 species of green algae
2،1، أوغير موجودة، غير متساوية عادة، جانبية، أو في القمة أو بالقرب منها	$a + c_1 + c_2$	زيوت، دسم، مانيتول، لامينارين	Chromophyta 7600 species of yellow-green algae, golden-brown algae, diatoms, and brown algae
غير موجودة إطلاقاً	$a + d$	نشاء فلوريدي، مانيتول	Rhodophyta More than 5000 species of red algae
2،1 أو ثلاثة في القمة أو بالقرب منها.	$a + b$	بارأميلون	Euglenophyta 750 species of euglenoids
2متعامدان. قلة لا تحوي	$a + c_2$	نشاء	Dinophyta 3,000 species of dinoflagellates
2، في القمة أو جانبية	$a + c_2$	نشاء	Cryptophyta 200 species of cryptomonads
2، في القمة ومتساوية	$a + c_1 + c_2$	لامينارين	Prymnesiophyta (Haptophyta)2500 species of haptophytes
2، تحت القمة	$a + b$	نشاء	Charophyta 350 species of charophytes

وسوف ندرس شعب الطحالب المختلفة باختصار مع أمثلة عليها.

4-5-1 شعبة الطحالب الخضراء Chlorophyta (Green algae):

تتنوع أشكال أفراد هذه الشعبة فتأخذ أشكالاً وحيدة خلية, مستعمرات متكتلة, أو خيطية, صفيحية (برنشيمية كاذبة) أو كلادومية. تنمو في كل الأوساط والبيئات المائية (بحيرات, أنهار, بحار, محيطات), وفي الترب الرطبة, وعلى جذوع الأشجار عندما تدخل في تركيب الأشنات Lichens.

تضم أكثر من 500 جنس و8000 نوع, يعيش معظمها في المياه العذبة ويحيا القليل منها في المياه المالحة, ويقوم جميعها بالتركيب الضوئي بسبب احتوائها على اليخضور Chlorophylls a,b كالنباتات الخضراء, بالإضافة إلى أشباه الكاروتين Carotenoids التي تضم الكاروتين ألفا و بيتا $\alpha + \beta$ Carotenes وبعض أصبغة اليصفور، ويُختزن ناتج التركيب الضوئي بشكل حبيبات نشاء. الجدار الخلوي ذو طبيعة بكتوسيلولوزية. أما الأشكال المتحركة فتكون مزودة بسوطين أو أربعة سياط أمامية.

أما عن عدد الرتب فيختلف الباحثون في عددها وهي قرابة 14 رتبة، وسوف نتحدث عن بعض الأمثلة التي تنتمي لبعض الرتب.

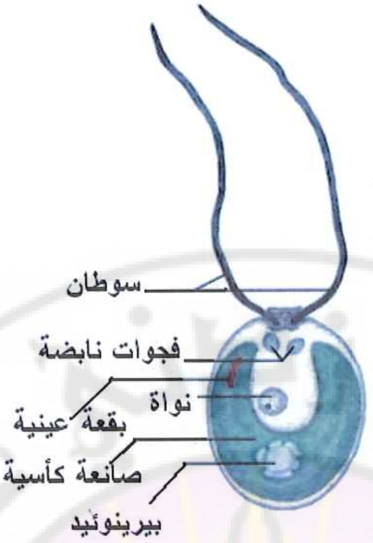
رتبة Volvocales:

أفراد هذه الرتبة متحركة, وحيدة خلية مثل جنس *Chlamydomonas* أو بشكل مستعمرات مثل *Pandorina, Eudorina, Gonium, Volvox*.

جنس *Chlamydomonas*:

فصيلة Chlamydomonadaceae

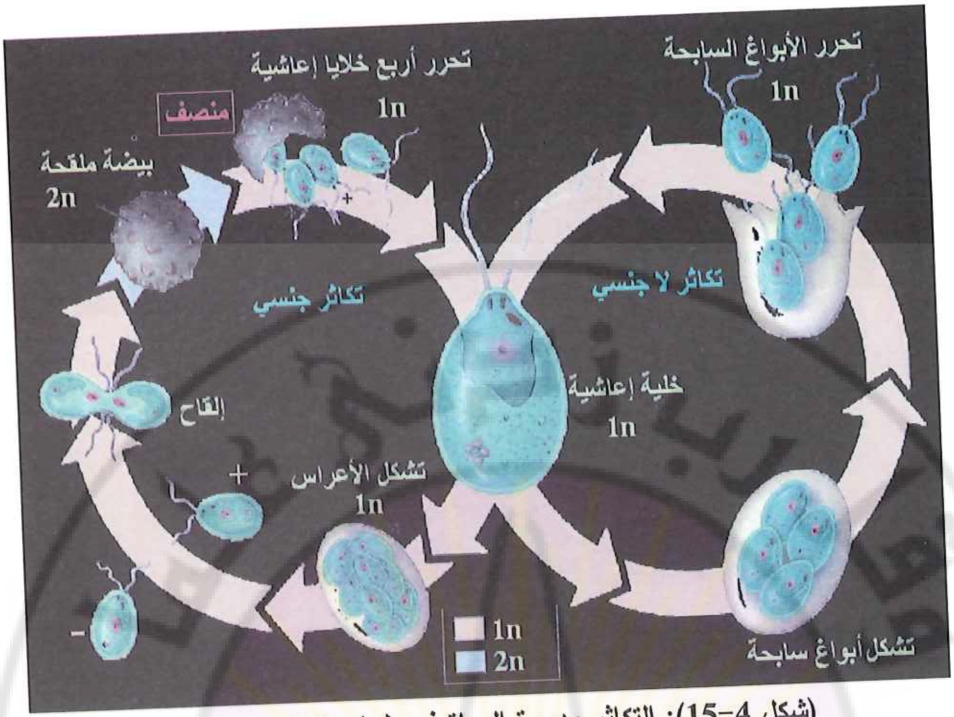
وهو من طحالب المياه العذبة, ويشكل نموذجاً جيداً لدراسة عدد من الموضوعات الهامة مثل التركيب الضوئي والحركة والانجذاب نحو الضوء. أفراد هذا الجنس وحيدة خلية ذات شكل إجاصي سابحة بسوطين أماميين. تحوي الخلية صانعة كأسية مزودة ببيرينوئيد, وفجوات نابضة, وسمة Stigma حساسة للضوء تتوضع في الناحية الأمامية الجانبية للخلية على جانب الصانعة, وتتوضع النواة في مركز الخلية (شكل 4-14).



(شكل 4-14): الشكل الإعاشي لجنس *Chlamydomonas*

التكاثر اللاجنسي: ويتم بانقسام محتوى الخلية الإعاشية طولياً إلى عدد من الأبواغ السابحة (2-16) بوغة حسب الأنواع, تخرج بعد تمزق جدار الخلية الأم لتعطي كل واحدة منها خلية إعاشية جديدة. وقد لوحظ في ظروف معينة كالجفاف تشكل الطور البالميللي, حيث لا تستطيع الأبواغ المتشكلة أن تشكل سياطاً فتجتمع ضمن غلاف مخاطي وعند عودة الظروف الملائمة (الرطوبة) تتشكل سياطها وتخرج من الغلاف المخاطي سابحة ومشكلة أفراداً إعاشية جديدة.

التكاثر الجنسي: ويتم بانقسام محتوى الخلية الإعاشية إلى عدد من الأعراس (2-64) عروس تكون أصغر بالحجم من الأبواغ الناتجة عن التكاثر اللاجنسي. وتتزاوج الأعراس مثنى مثنى حيث يحدث اندماج بلاسمي ثم نووي ويتشكل من اندماج كل عروسين بيضة ملقحة (زيغوت)، تكون سابحة في البداية بأربعة سياط ثم تفقد سياطها وتسكن لفترة محيطة نفسها بغلاف ثخين مزين. تنتش الزيغوت بعد أن تعاني من انقسام منصف لتعطي أربعة أفراد. ويكون الإلقاح متماثل أو مختلف الأعراس حسب الأنواع، وحلقة الحياة من النمط أحادي الجيل أحادي الصيغة الصبغية 1n (شكل 4-15).


تحرر الأبواغ السابحة
1n
تحرر أربع خلايا إعاشية
1n
منصف
بيضة ملقحة
2n
+
تكاثر جنسي
تكاثر لا جنسي
خلية إعاشية
1n
إلقاح
+
تشكل الأعراس
1n
-
تشكل أبواغ سابحة
1n
2n

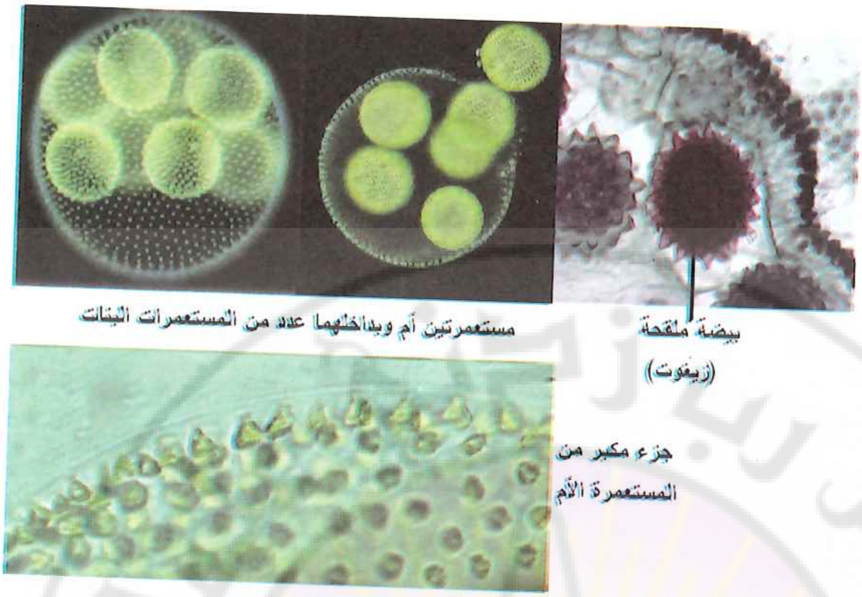
(شكل 4-15): التكاثر ودورة الحياة في طحلب الكلاميدوموناس

جنس *Volvox*:

رتبة Volvocales

فصيلة Volvaceae

تشير الدراسات الحديثة إلى ظهور هذا الجنس منذ قرابة 150 مليون سنة من سلف وحيد الخلية. ويعتبر هذا الجنس من أكثر الطحالب تطوراً في رتبة Volvocales. المستعمرة كروية مجوفة يصل عدد خلاياها إلى 60000 خلية, وكل خلية تشبه خلية الكلاميدوموناس, وترتبط الخلايا مع بعضها بروابط سيتوبلاسمية. تتخصص بعض خلايا المستعمرة للتغذية والحركة, وبعضها يسمى المناسل Gonidia (مفردها Gonidium) يتخصص للتكاثر اللاجنسي, وبعضها يتمايز ليشكل أكياس بيضية ومناطف متخصصة للتكاثر الجنسي. تتحرك المستعمرة حركة اهتزازية بفضل ضربات سياطها (شكل 4-16).



مستعمرتين أم وبداخلهما عدد من المستعمرات البنات
بيضة ملقحة (زيغوت)
جزء مكبر من المستعمرة الأم

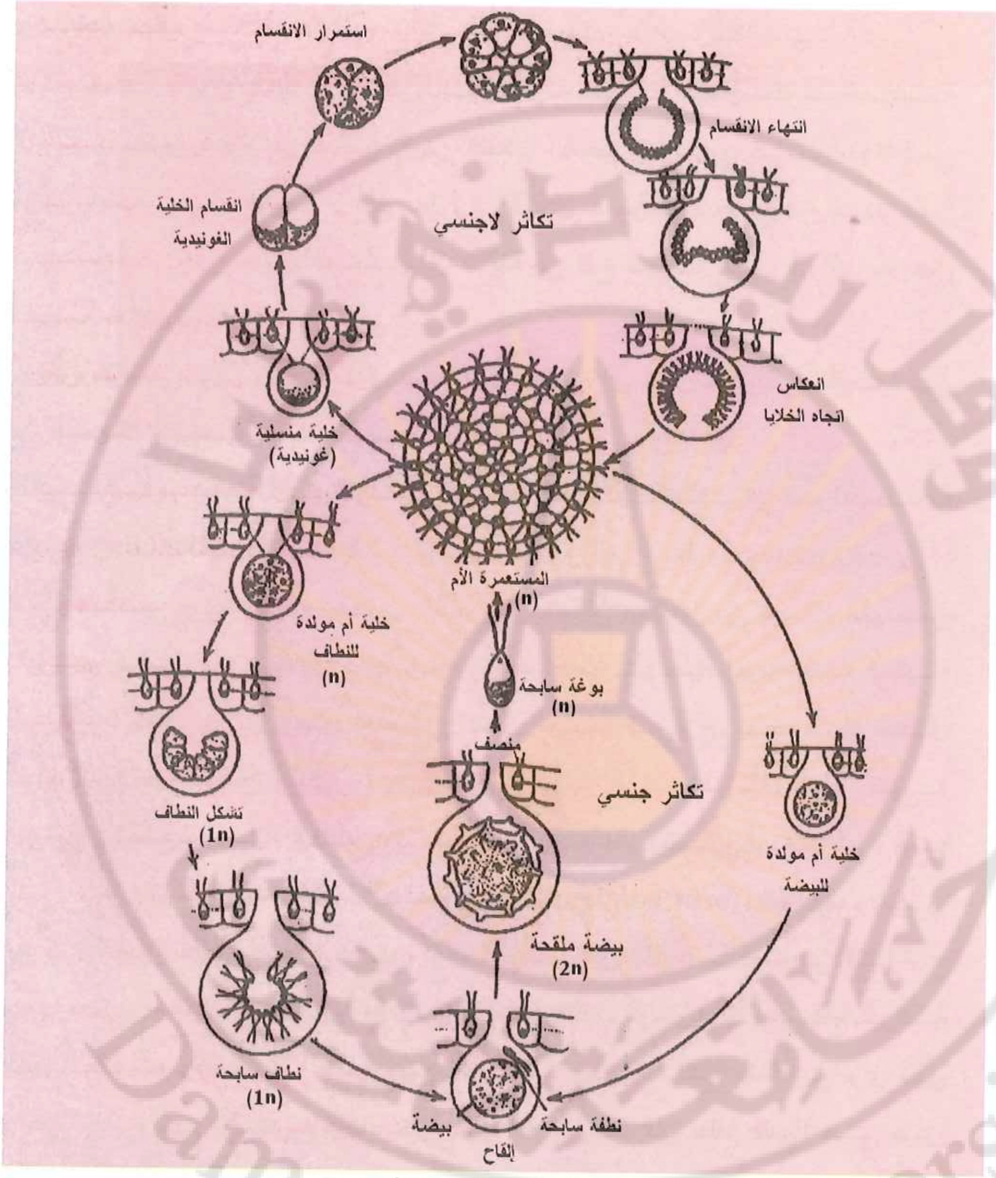
(شكل 4-16): جنس **Volvox**

التكاثر اللاجنسي: تتشكل المناسل المتخصصة للتكاثر اللاجنسي في الجهة الخلفية من المستعمرة, حيث تنقسم الخلايا المنسلية عدداً كبيراً من المرات وترتبط الخلايا الناتجة عن الانقسام مع بعضها بروابط سيتوبلاسمية, وتكون سياط الخلايا الناتجة عن انقسام المناسل في البداية نحو الداخل لا تلبث أن ينعكس اتجاهها لتصبح سياطها متجهة نحو الخارج ثم تترتب لتشكل مستعمرة بنت. تبقى المستعمرات البنات داخل المستعمرة الأم أو تتحرر منها مباشرة بعد تمزقها وانحلالها.

التكاثر الجنسي: يتم من خلال إلقاح من النمط البيضي Oogamy. تتشكل الأكياس العروسية بأعداد قليلة في النصف الخلفي من المستعمرة الأم. تكبر بعض الخلايا وتتضخم دون انقسام وتفقد سياطها متحولة إلى أكياس بيضية (6-8 في المستعمرة الواحدة), أما الخلايا التي ستتحول إلى مناطف فتعاني من انقسامات خيطية عديدة لتشكل عدداً كبيراً من السابحات الذكرية (النطاف) التي تسبح نحو البيوض لتلقحها، ويكون ناتج الإلقاح عبارة عن بيضة ملقحة ذات جدار ثخين مزين. تتعرض البيضة الملقحة عند إنتاشها لانقسام منصف ينتج عنه أبواغاً سابحة تتحول كل بوغة سابحة إلى مستعمرة بنت من خلال انقسامها خيطياً عدداً كبيراً من المرات بنفس طريقة

التكاثر اللاجنسي التي تحدثنا عنها (شكل 4-17). هناك أنواع من هذا الجنس وحيدة المسكن وأخرى ثنائية المسكن, وتكون البقع العينية في خلايا المنطقة الأمامية من المستعمرة أكبر من تلك في الجهة الخلفية من المستعمرة.

وبهذا الشكل يكون نمط حلقة حياة هذا الطحلب أحادي الجيل أحادي الصيغة الصبغية.


استمرار الانقسام
انتهاء الانقسام
انقسام الخلية الغونيدية
تكاثر لاجنسي
انعكاس اتجاه الخلايا
خلية منسلية (غونيدية)
المستعمرة الأم (n)
خلية أم مولدة للنطاف (n)
بوغة سابحة (n)
منصف
تكاثر جنسي
تشكل النطاف (1n)
خلية أم مولدة للبيضة
بيضة ملقحة (2n)
نطاف سابحة (1n)
بيضة
نطفة سابحة
إلقاح

(شكل 4-17): التكاثر ودورة الحياة في جنس *Volvox*

جنس *Spirogyra*:

رتبة Zygnematales

فصيلة Zygnemataceae = Zygnemaceae

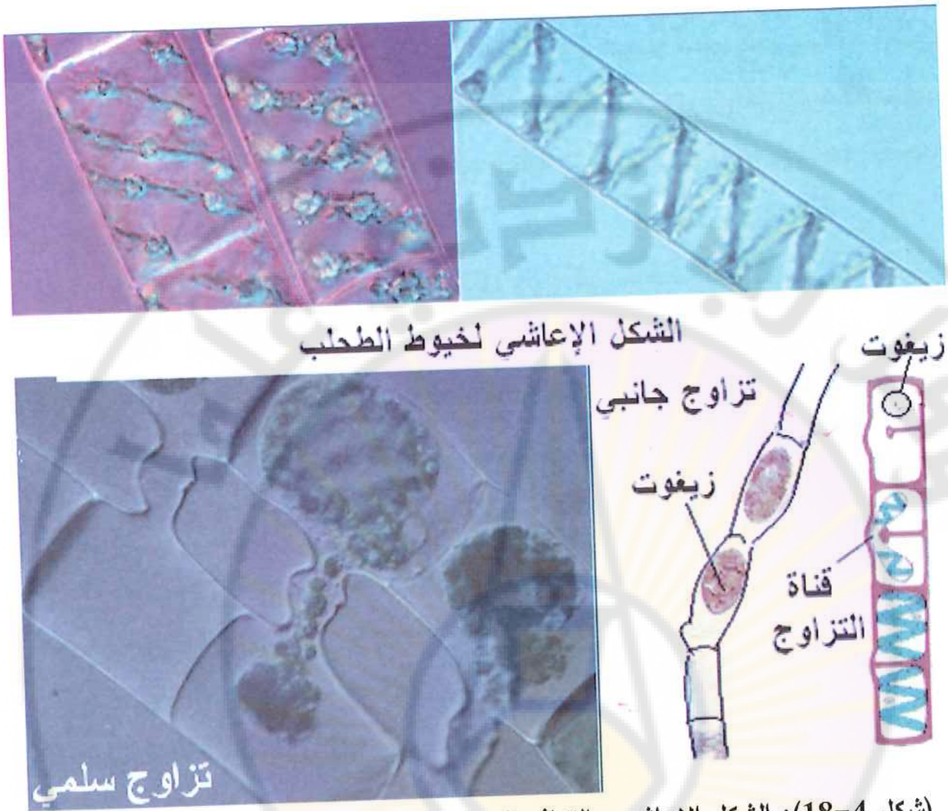
تضم هذه الفصيلة طحالب خيطية الشكل مثل *Spirogyra, Zygnema, Mougeotia*.

يعيش طحلب *Spirogyra* في المياه العذبة, مشرته خيطية غير متفرعة, ناعمة الملمس, ويتكون الخيط من مجموعة من الخلايا الأسطوانية تحوي كل خلية نواة في مركز الخلية وحامل أصبغة أو أكثر حلزوني الشكل ذا حواف متموجة فيه عديد من البيرينوئيدات. تكون خيوط الطحلب بدايةً مثبتة في قاع النهر أو البحيرة ولكن سرعان ماتصبح طافية نتيجة حركة المياه.

التكاثر الإعاشي: ويتم بالتفتت الذي يحدث نتيجة تأثير أي عامل ميكانيكي كالقضم من قبل الأسماك أو بسبب حركة المياه, أو بسبب انتباج الخلايا وتمزقها.

التكاثر اللاجنسي: ويتم أحياناً ولدى أنواع قليلة جداً بتكوين أبواغ ساكنة Aplanospores مفردة داخل خلايا الخيط, أو بتكون أبواغ مقاومة Akinetes.

التكاثر الجنسي: ويتم باندماج محتوى خليتين من خيطين مختلفين من خلال مايسمى بالتزاوج السلمي, حيث تتقابل خلايا خيطين ويخرج من كل خلية أنبوبة باتجاه الخلية المقابلة وتلتحمان وتزول الجدر الفاصلة وتتشكل أنبوبة تزاوج. بعد ذلك تنتقل محتويات الخلية المانحة (المذكرة) باتجاه الخلية المقابلة الآخذة (المؤنثة) عبر أنبوبة التزاوج وتندمج محتويات الخليتين في جوف الخلية الآخذة وتتشكل الزيغوت, وهذا النموذج من التزاوج يسمى بالتزاوج السلمي Scalariform conjugation. ويمكن أن يتم ذلك بين خليتين متجاورتين من نفس الخيط وبنفس الطريقة فيسمى التزاوج حينها بالتزاوج الجانبي Lateral conjugation. تنتش الزيغوت 2n في قاع البركة الطينية عند تحسن الظروف البيئية وتتعرض لانقسام منصف ينتج عنه أربع نوى تبقى واحدة حية, وتتابع الإنتاش لإعطاء خيط جديد 1n. وهكذا فإن حلقة الحياة هي من النمط أحادي الجيل أحادي الصيغة الصبغية (شكل 4-18).


الشكل الإعاشي لخيوط الطحلب
زيغوت
تزاوج جانبي
زيغوت
قناة التزاوج
تزاوج سلمي

(شكل 4-18): الشكل الإعاشي والتكاثر الجنسي بالتزاوج السلمي والجانبي في جنس *Spirogyra*

ونشير هنا إلى أنه في بعض الأجناس مثل جنس *Mougeotia*, فإن الزيغوت تتشكل في وسط أنبوبة التزاوج لعدم وجود تباين سلوكي بين الخلايا المتزاوجة فنسمي هذا النمط من التزاوج بالتزاوج الجوفي المتوسط. لكن التباين السلوكي في جنس *Spirogyra* يكون واضحاً من خلال وجود خلية مانحة وخلية آخذة.

جنس *Oedogonium*:

رتبة Oedogoniales

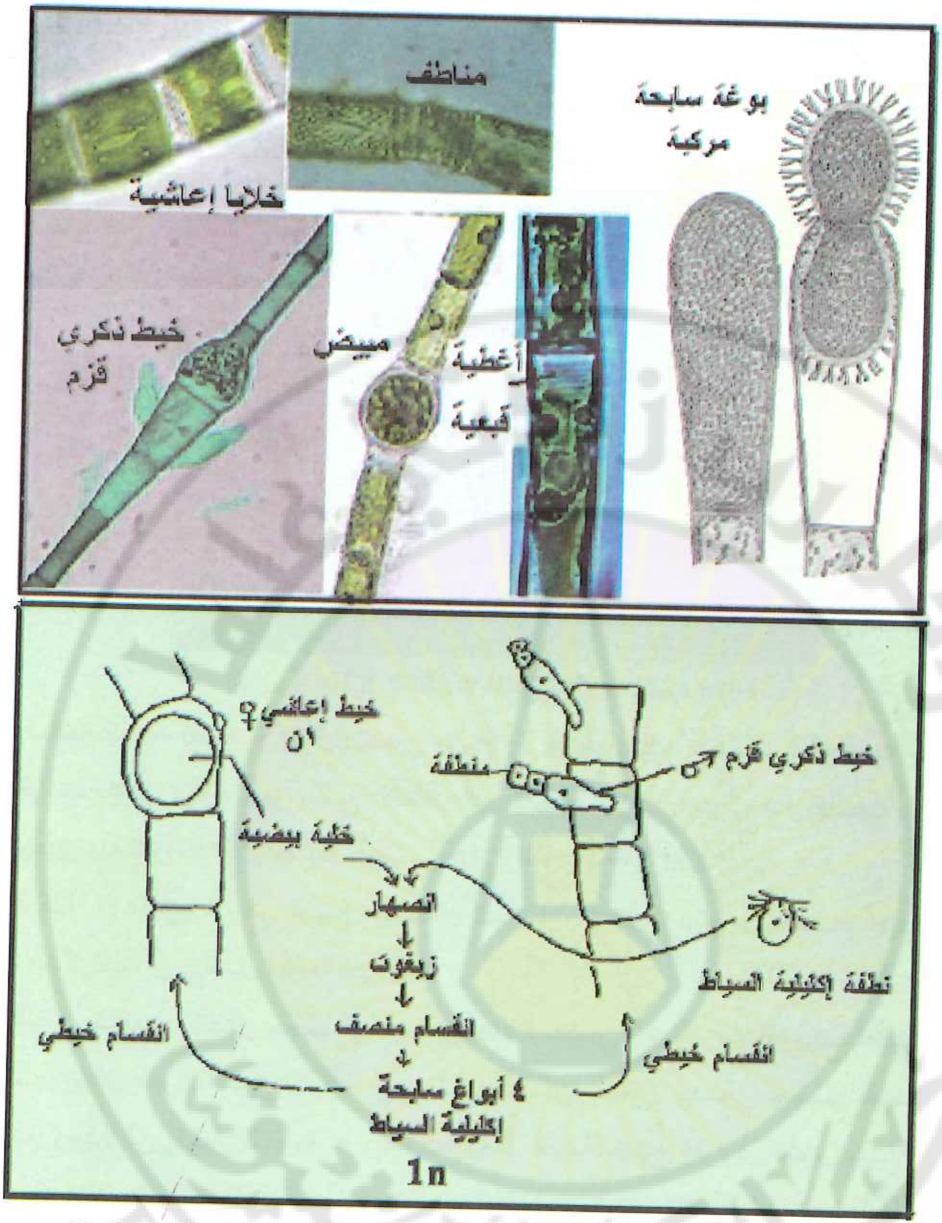
فصيلة Oedogoniaceae

يعتبر هذا الجنس من طحالب المياه العذبة الهادئة. المشرة خيطية غير متفرعة تعيش فوقية على أجزاء النباتات المائية ويتثبت الخيط من خلال خلية قاعدية, و تحوي كل خلية صانعة جدارية شبكية تحمل عدداً من الجسيمات الآحية (البيرينوئيدات). ويتحقق نمو الخيط من خلال انقسام خلاياه, وفي كل مرة تنقسم فيها الخلية, يبقى زائدة قبعية الشكل من غلاف الخلية الأم المنقسمة لذلك فإن عدد القبعات يساوي عدد الانقسامات التي حدثت للخلية.

التكاثر الإعاشي: يتم بتفتت الخيط وينمو كل جزء إلى خيط مستقل.

التكاثر اللاجنسي: ويتم بتمايز أبواغ سابحة إكليلية السياط (بوغة في كل خلية), تنتش إذا كانت الظروف ملائمة معطية خيطاً جديداً.

التكاثر الجنسي: ويتضمن تمايز أعراس ذكرية سابحة إكليلية السياط تشبه الأبواغ السابحة إنما تكون أصغر منها, وتعطي الخلية سابحتين ذكريتين, وتتحول بعض خلايا الخيط إلى أكياس بيضية كروية الشكل يحوي الكيس على بيضة واحدة. بعض أنواع هذا الجنس أحادية المسكن وبعضها ثنائية المسكن. تلقح كل بيضة من قبل نطفة سابحة وتتشكل زيغوت ذات جدار ثخين برتقالي اللون لغناه بالأصبغة الكاروتينية، وتحمل الزيغوت تزيينات شوكية. تسكن الزيغوت لفترة ثم تعاني من انقسام منصف ينتج عنه أربع أبواغ سابحة إكليلية السياط، تنمو كل بوغة لتعطي مشرة خيطية إعاشية (عروسية 1n) جديدة. وهكذا فإن حلقة الحياة من النمط أحادي الجيل أحادي الصيغة الصبغية. ونشير هنا إلى أنه في بعض الأنواع قد تتمايز الأعراس الذكرية (النطاف) قبل تمايز الأعراس الأنثوية بفترة طويلة نسبياً فتتثبت العروس الذكرية على جدار المبيض أو على جدار خلية مجاورة للمبيض وتنمو مكونة خيطاً ذكرياً قصيراً (قزماً) Dwarf male filament يتكون من 2–3 خلايا تعطي الخلية العلوية منه فيما بعد أعراساً ذكرية ثانوية تكون وظيفية وتقوم بالإلقاح وفق ماذكرنا (شكل 4–19).


خلايا إعاشية
مناطف
بوغة سابحة مركبة
خيط ذكري قزم
مبيض
أغطية قبعية
خيط إعاشي ♀ 1ن
خلية بيضية
خيط ذكري قزم
منطفة
انصهار
زيغوت
انقسام منصف
4 أبواغ سابحة إكليلية السياط
1n
نطفة إكليلية السياط
انقسام خيطي
انقسام خيطي

(شكل 4-19): الشكل الإعاشي, وأعضاء التكاثر في جنس ***Oedogonium***

جنس ***Ulva***:

رتبة Ulvales

فصيلة Ulvaceae

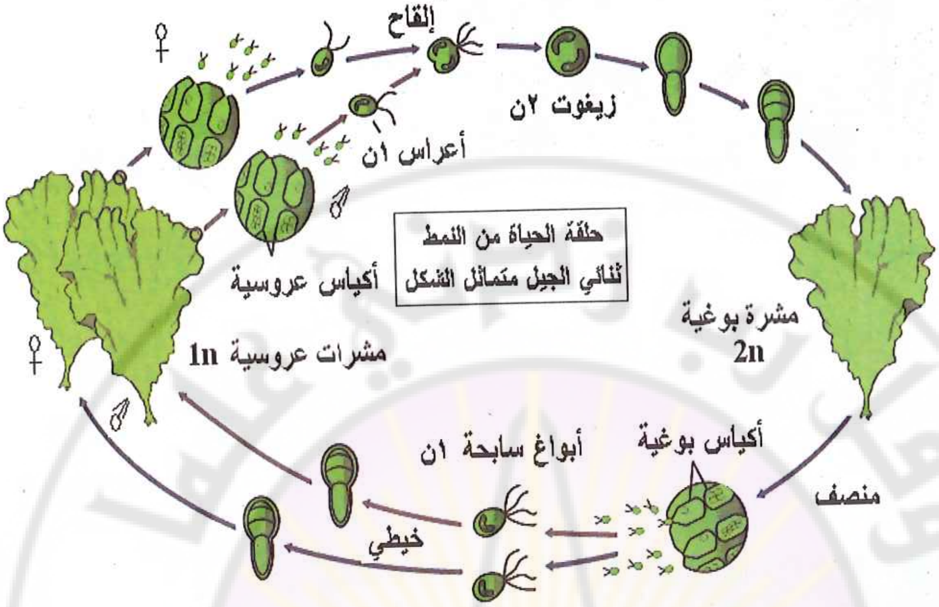
من أشهر أنواع هذا الجنس خس البحر *Ulva lactuca*. وهو طحلب بحري ذو مشرة صفيحية خضراء يمكن أن تصل مساحتها إلى 500 سم2 (شكل 4-20)، ذات بنية برنشيمية كاذبة سماكتها طبقتين من الخلايا وتكون كل خلية وحيدة النواة, ذات صانعة كأسية (فنجانية الشكل) تحوي من 1-3 بيرينوئيدات. يتثبت الطحلب إلى الوسط بأشباه جذور وهو واسع الانتشار في ساحلنا السوري. يبرز هذا الطحلب وجود جيلين متماثلين بالشكل أحدهما عروسي 1n, والآخر بوغي 2n.

(شكل 4-20): الشكل الإعاشي لمشرة طحلب *Ulva*

التكاثر الإعاشي: يتم في الربيع من خلال تشكل فروع جديدة تنشأ من قاعدة المشرة الأم لا تلبث أن تنفصل متابعة حياتها.

التكاثر الجنسي: تتكاثر معظم أنواع جنس *Ulva* بتكوين أعراس متماثلة بينما القليل منها يشكل أعراساً غير متماثلة, وهو ثنائي المسكن. تتحول بعض خلايا المشرة العروسية إلى أكياس تكاثرية عروسية ذكرية أو أنثوية. تسبح العروس بفضل سوطين وتكون موجبة الانجذاب الضوئي. تتزاوج الأعراس مثنى مثنى ويحدث الإلقاح وتتشكل الزيغوت التي لا تلبث أن تتثبت في الوسط وتنقسم انفسامات خيطية عديدة مشكلة مشرة بوغية 2n. تتحول بعض خلايا المشرة البوغية إلى أكياس بوغية تحرر أبواغاً منصفة سابحة رباعية السياط, وسالبة الانجذاب الضوئي, تنتش في الظروف

الملائمة لتعطي مشرة عروسية تشبه المشرة البوغية شكلياً. وهكذا فإن حلقة الحياة من النمط ثنائي الجيل متماثل الشكل (شكل 4-21).


إلقاح
♀
زيغوت ٢ن
أعراس ١ن
♂
حلقة الحياة من النمط
ثنائي الجيل متماثل الشكل
أكياس عروسية
مشرة بوغية
2n
مشرات عروسية 1n
♀
♂
أبواغ سابحة ١ن
أكياس بوغية
منصف
خيطي

(شكل 4-21): التكاثر وحلقة الحياة في جنس *Ulva*

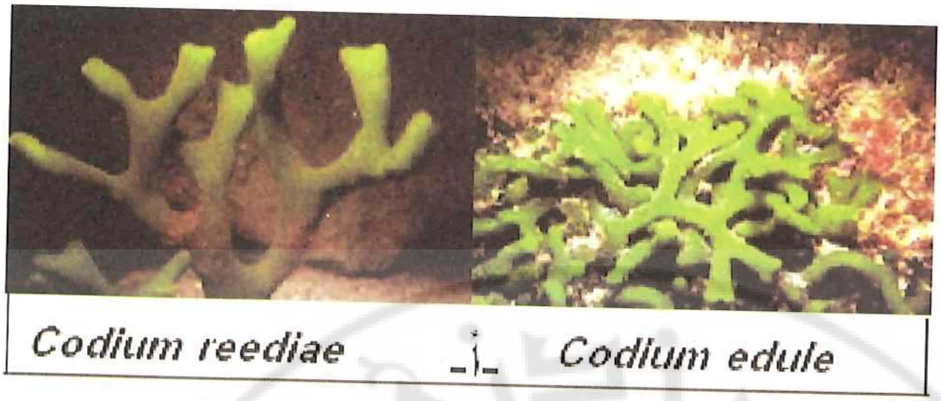
جنس *Codium*:

رتبة Codiales

فصيلة Codiaceae

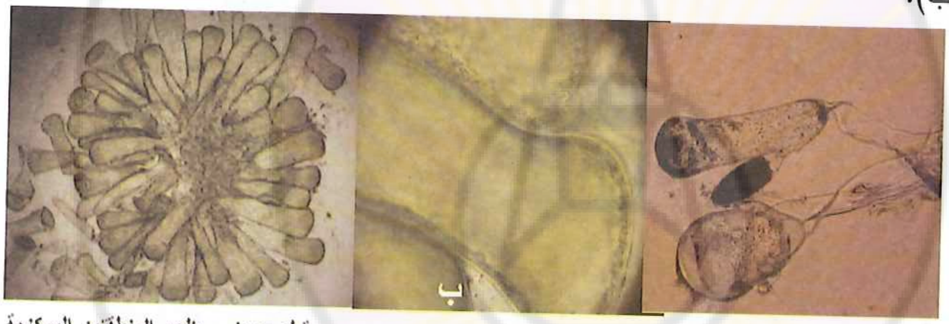
مشرة هذا الطحلب كلادومية متعددة المحاور، ذات مظهر اسفنجي أو حبلي متفرعة في ثنائيات يتراوح طولها من 15-60 سم (شكل 4-22- أ) وتتثبت إلى الوسط بقرص قاعدي.

يدخل في تركيب الجدار الخلوي السليلوز والمانان. وتستخدم بعض الأنواع مثل *C. tomentosum* في التغذية وخاصة في بعض الدول الآسيوية، كما يستخرج منها مواداً صيدلانية تستخدم في صناعة مراهم مرطبة للجلد.



(شكل 4-22- أ): مشرة لنوعين من جنس *Codium*

يظهر المقطع العرضي وجود منطقتين: منطقة داخلية تتكون من خيوط أنبوبية متشابكة, ومنطقة محيطية بشكل حويصلات منتفخة, غنية بصانعات خضراء صغيرة عديمة البيرينوئيد, وتحمل عند النضج في قاعدتها الأكياس العروسية (شكل 4-22- ب).



كيس عروسي محمول على أحد الحويصلات

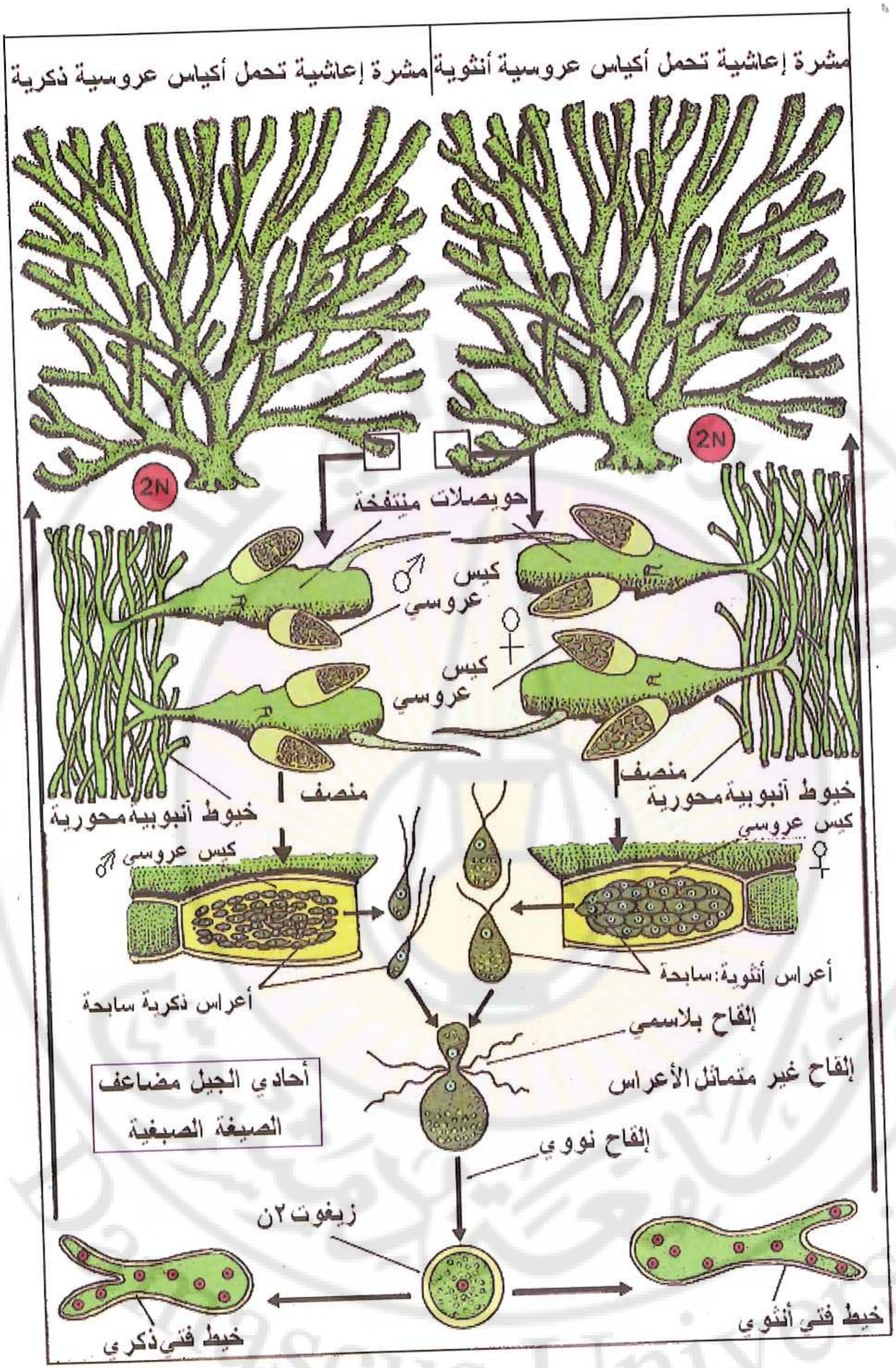
الحويصلات كما تظهر بالمجهر الضوئي

مقطع عرضي يظهر المنطقتين المركزية والمحيطية من المشرة

(شكل 4-22- ب): بنية المشرة والحويصلات والأكياس العروسية في جنس *Codium*

وأغلب أنواع هذا الجنس ثنائية المسكن، والإلقاح فيه متباين الأعراس حيث تكون الأعراس سابحة بسوطين والأنثوية أكبر من الذكرية. أما حلقة حياته فهي من النمط أحادي الجيل مضاعف الصيغة الصبغية (شكل 4-23).

يوجد على الشواطئ السورية عدة أنواع في أعماق من 1-30 متر.


مشرة إعاشية تحمل أكياس عروسية أنثوية
مشرة إعاشية تحمل أكياس عروسية ذكرية
2N
2N
حويصلات منتفخة
كيس عروسي ♂
كيس عروسي ♀
منصف
منصف
خيوط أنبوبية محورية
خيوط أنبوبية محورية
كيس عروسي ♀
كيس عروسي ♂
أعراس أنثوية: سابحة
أعراس ذكرية سابحة
إلقاح بلاسمي
إلقاح غير متماثل الأعراس
أحادي الجيل مضاعف الصيغة الصبغية
إلقاح نووي
زيغوت ٢ن
خيط فتي أنثوي
خيط فتي ذكري

(شكل4-23): التكاثر وحلقة الحياة في جنس ***Codium***

4-5-2 شعبة الطحالب الكارية Charophyceae:

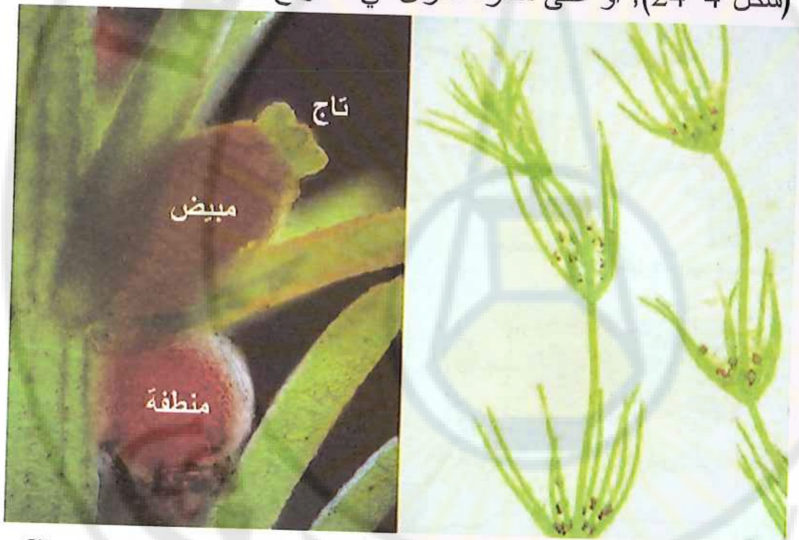
صف Charophyceae

رتبة Charales

فصيلة Characeae

جنس *Chara*:

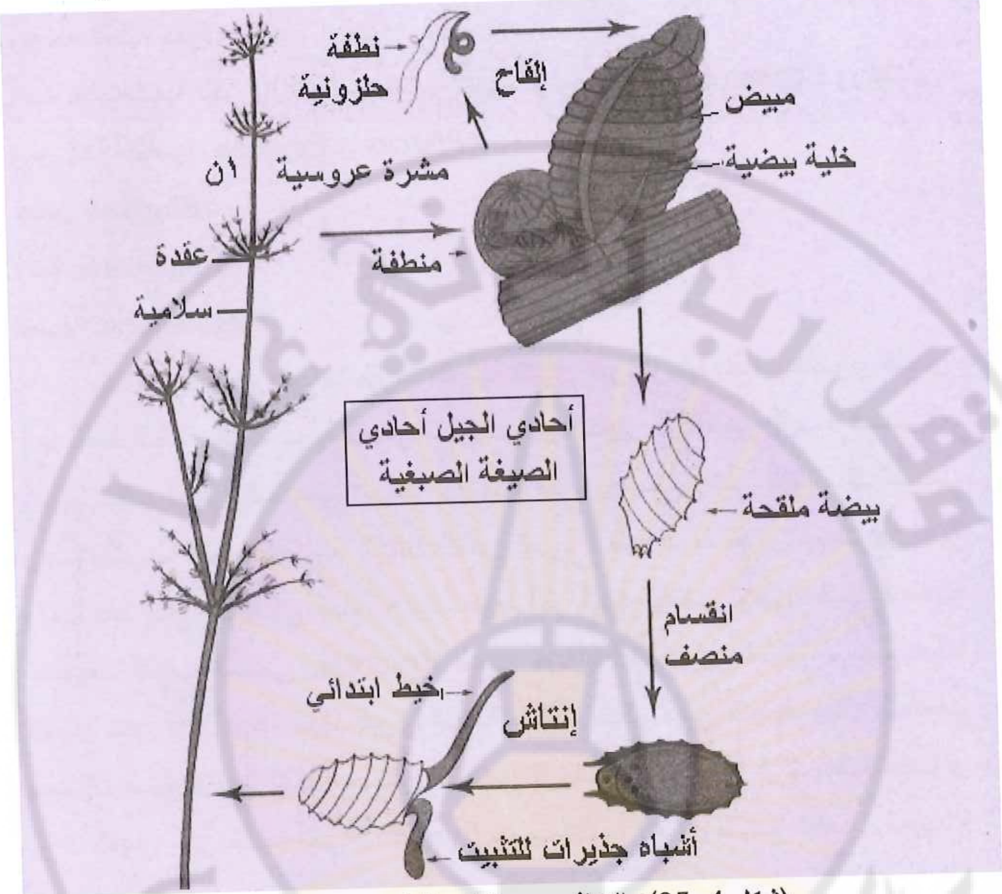
المشرة كلادومية وحيد المحور يمكن أن تتشرب بكربونات الكالسيوم. يتكون محور المشرة من تتالي مجموعة من العقد والسلاميات، وتحمل كل عقدة دوارة من الفروع القصيرة. تكون أعضاء التكاثر الجنسي ضخمة نسبياً وتُرى بالعين المجردة وتتمثل بالمنطفة والمبيض. وتتوضع المنطفة في قاعدة المبيض في الأنواع وحيدة المسكن (شكل 4-24), أو على مشرة أخرى في الأنواع ثنائية المسكن.



(شكل 4-24): المشرة وأعضاء التكاثر الجنسي في طحلب الكارا *Chara*

تأخذ المنطفة شكلاً كروياً ويتمايز بداخلها عدد كبير من النطاف الحلزونية الشكل والمزودة بسوطين. أما المبيض فيكون متطاولاً مزوداً بتاج ينجم عن امتداد الخلايا الحلزونية المحيطة به, ويحوي بداخله بيضة كروية واحدة. تخرج النطاف كالغيمة عند تمزق جدار المنطفة وتسبح بوساطة سياطها, وتنجح إحداها بالوصول إلى البيضة الكروية فتلقحها ويتشكل بيضة ملقحة. حيث تتعرض عند إنتاشها لانقسام منصف

ويتشكل أربع نوى نصفية, تتطور إحداها إلى مشرة جديدة, وبهذا الشكل تكون حلقة حياة هذا الطحلب من النمط أحادي الجيل أحادي الصيغة الصبغية (شكل 4-25).


نطفة
حلزونية
إلقاح
مبيض
خلية بيضية
مشرة عروسية
أن
عقدة
منطفة
سلامية
أحادي الجيل أحادي الصيغة الصبغية
بيضة ملقحة
انقسام منصف
خيط ابتدائي
إنتاش
أشباه جذيرات للتثبيت

(شكل 4-25): التكاثر ودورة الحياة في جنس ***Chara***

4-5-3 شعبة الطحالب الأوغلينية Euglenophyta (Euglenoids):

أفراد هذه الشعبة غالباً وحيدة خلية، تشاهد في البرك والمستنقعات الغنية بالمركبات العضوية ، لاتحوي جداراً خلوياً إنما تحاط الخلية بغشاء سيتوبلاسمي مما يسمح لها بتغيير شكلها. تسبح غالباً بسوطين، أحدهما طويل والآخر قصير، وفي بعض الأنواع يوجد سوط أو ثلاثة سياط تتوضع في الجهة الأمامية من الخلية. تتميز الأفراد ذاتية الاغتذاء بوجود صانعات صغيرة وعديدة تحوي اليخضور Chl.a+b بالإضافة إلى الأصبغة المسماة أشباه الكاروتينات Carotenoids التي تضم أصبغة

الكاروتين Carotenes وأصبغة اليصفور Xanthophylls . ناتج البناء الضوئي هو البارأميلون Paramylon. تحوي الخلية بقعة ضوئية Eyespot حساسة للضوء وتوجه الخلية نحوه.

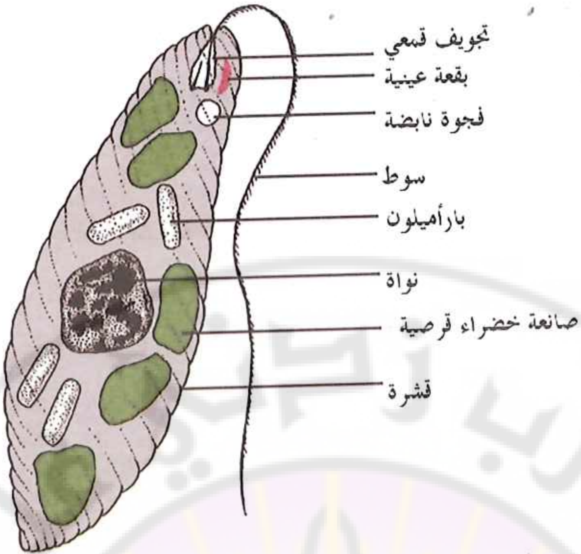
تضم هذه الشعبة نحو 1000 نوع تنتمي لصف واحد Euglenophyceae ورتبتين. ومن أهم أجناسها *Euglena* و *Phacus*.

جنس *Euglena*:

رتبة Euglenales

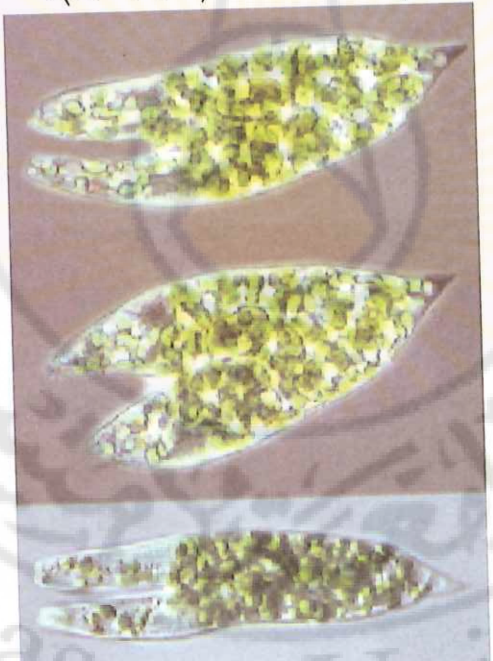
فصيلة Euglenaceae

يتمثل هذا الجنس بخلايا مفردة مغزلية الشكل غير مزودة بجدار خلوي قاس، إنما تحاط الخلية بغشاء سيتوبلاسمي مما يسمح لها بتغيير شكلها في أثناء السباحة. ويوجد تحت الغشاء البلاسمي أشرطة حلزونية متوازية، يطلق على الغشاء البلاسمي وهذه الأشرطة الحلزونية اسم Pellicle أي قشرة. للخلية سوط طويل مهدب من جهة واحدة فقط يدفع الخلية في الماء، وهناك سوط آخر قصير يقتصر وجوده في منطقة التجويف القمعي المسمى Reservoir بمعنى خزان، تبتلع عبره الطعام. يضم هذا الجنس نحو 500 نوعاً ثلثيها غيري التغذية والثلث الباقي ذاتي التغذية، يملك صانعات خضراء صغيرة ذات أشكال مختلفة فقد تكون قرصية أو مستطيلة أو شريطية تحوي أو لا تحوي على جسيم آحي Pyrenoid حسب الأنواع. تتوضع البقعة العينية الحمراء في السيتوبلاسما في الناحية الأمامية قرب قاعدة السوط. ويتمثل ناتج التركيب الضوئي بحبيبات بارأميلون مختلفة الأشكال تتوضع في السيتوبلاسما. وقد اختلف العلماء في السابق حول الوضع التصنيفي لهذا الجنس فبعضهم وضعه في مملكة النبات وبعضهم الآخر وضعه في مملكة الحيوان، فهو يقوم بالتركيب الضوئي كالنباتات ويستطيع أن يتغذى بالبلعمة كالحيوانات وفقاً لشروط الوسط السائدة ناهيك عن احتواء الخلية على فجوة نابضة (شكل 4-26) تفرغ محتوياتها داخل التجويف القمعي.


تجويف قمعي
بقعة عينية
فجوة نابضة
سوط
بارأميلون
نواة
صانعة خضراء قرصية
قشرة

(شكل 4-26): بنية الخلية في جنس Euglena

يتكاثر أفراد هذا الجنس غالباً لاجنسياً بالانقسام الطولي انقساماً خيطياً حيث تتشطر الخلية طولياً إلى نصفين يتمم كل نصف نفسه (شكل 4-27).



(شكل 4-27): الانقسام الخلوي الطولي في جنس *Euglena*

أما التكاثر الجنسي فنادر الحدوث ويتم باندماج عروسين متماثلين ذوا شكل أميبي.

4-5-4 شعبة الطحالب الصفراء المخضرة (Yellow-green algae) Xanthophyta:

يعيش معظم أفراد هذه الشعبة في المياه العذبة والقليل منها يعيش في المياه البحرية أو في الترب الرطبة. قد تكون أفرادها كروية مفردة الخلية أو بشكل مدمج خلوي أو بشكل خيوط ذات بنية أنبوبية. تحوي على اليخضور $Chl.a+c_1+c_2$ بالإضافة إلى الصباغ الكاروتيني β-carotene وبعض أصبغة اليصفور مثل: Vaucheriaxanthin, Diadinoxanthin, Heteroxanthin والتي يعود إليها لون طحالب هذه المجموعة الأصفر المخضر. أما مدخرات الخلية فتتمثل ببعض الزيوت والدهون وسكر المانيتول. وتكون الأشكال السابحة مزودة عادة بسوطين غير متساويين بالطول سوط أمامي مزركش وخلفي أملس. الإلقاح فيها متماثل أو غير متماثل الأعراس أو بيضي حسب الأجناس والأنواع. تضم هذه الشعبة صفاً واحداً Xanthophyceae وخمس رتب، منها **Heterosiphonales, Vaucheriales**.

رتبة Heterosiphonales

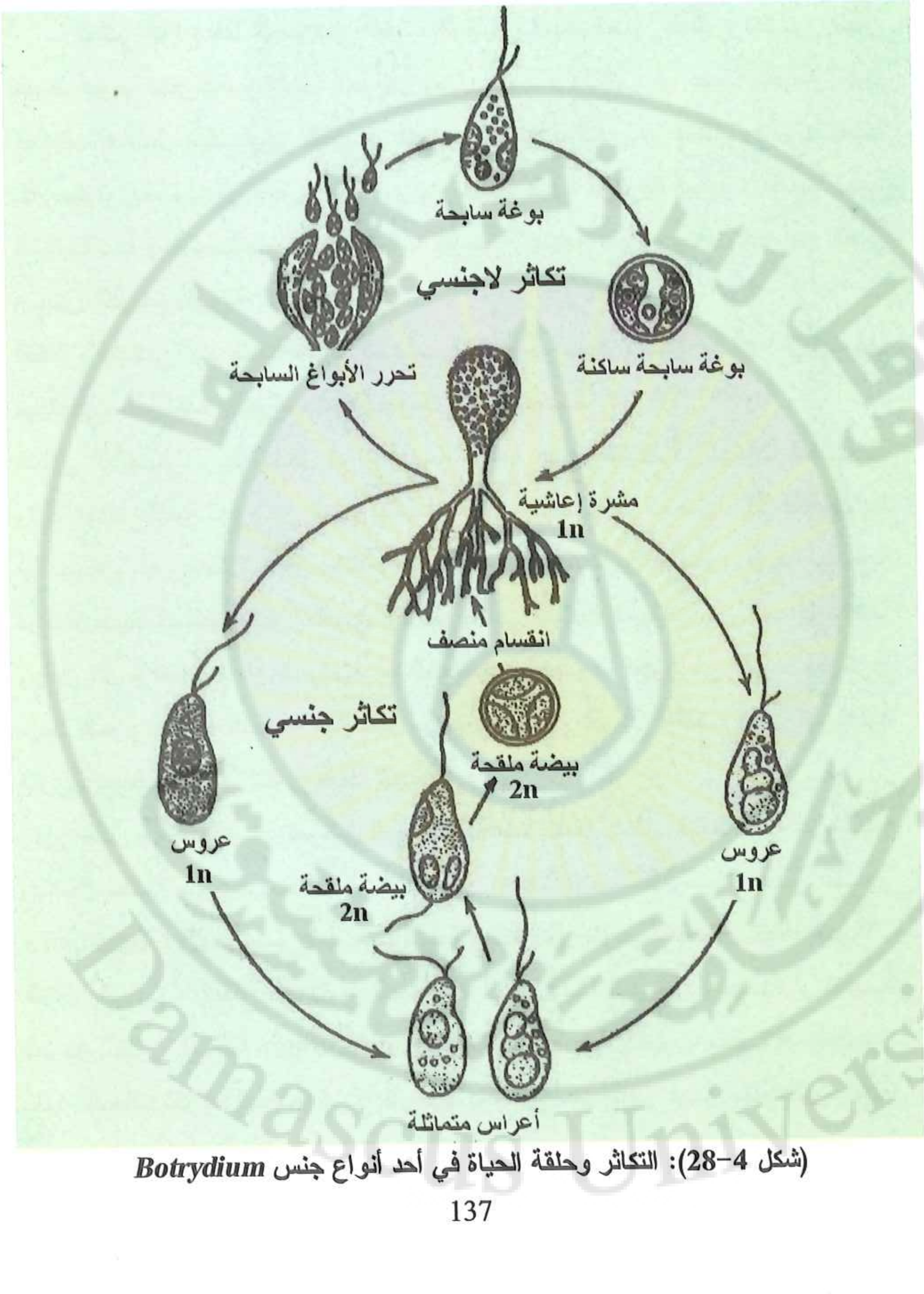
فصيلة Botrydiaceae

جنس *Botrydium*:

تنمو أنواع هذا الجنس في في طين البرك والمستنقعات. تكون المشرة بشكل مدمج خلوي يتكون من جزأين: جزء هوائي حويصلي أو مفصص حسب الأنواع، وجزء خيطي يتغلغل في التربة الطينية ويشكل أشباه جذيرات تثبت الطحلب في الوسط. يحوي الجزء الهوائي على فجوة ضخمة يحيط بها سيتوبلاسما وعدد من النوى بالإضافة إلى عدد من الصانعات القرصية.

يتكاثر لا جنسياً بتكوين أبواغ سابحة تسبح بسوطين غير متساويين أو بأبواغ ساكنة حسب توافر الماء. تتحوصل هذه الأبواغ وتسكن لفترة ثم تنتش مشكلة أفراداً جديدة. أما التكاثر الجنسي فيتم بتكوين أعراس سابحة والإلقاح متماثل أو غير متماثل

الأعراس حسب الأنواع، وكذلك نلاحظ وجود أنواع وحيدة المسكن وأنواع ثنائية المسكن. تتعرض الزيغوت عند إنتاشها إلى انقسام منصف معطية فرداً جديداً (شكل 4-28). حلقة الحياة من النمط أحادي الجيل أحادي الصيغة الصبغية.


بوغة سابحة
تكاثر لاجنسي
تحرر الأبواغ السابحة
بوغة سابحة ساكنة
مشرة إعاشية
1n
انقسام منصف
تكاثر جنسي
بيضة ملقحة
2n
عروس
1n
بيضة ملقحة
2n
عروس
1n
أعراس متماثلة

(شكل 4-28): التكاثر وحلقة الحياة في أحد أنواع جنس ***Botrydium***

رتبة **Vaucheriales**

فصيلة **Vaucheriaceae**

جنس ***Vaucheria***:

تنتشر أنواع هذا الجنس في الترب الرطبة والمياه العذبة. المشرة تتكون من خيوط أنبوبية متفرعة، وتتشكل الحواجز لعزل أعضاء التكاثر، أو عندما يتعرض جسم الطحلب لعامل ميكانيكي كقطع عرضي مثلاً. الجدار الخلوي ذو طبيعة بكتوسيلولوزية، ويشغل الجزء المركزي من الخيط فجوة مركزية كبيرة يحيط بها السيتوبلاسما ومتضمناتها مثل الصانعات القرصية عديمة البيرينوئيد , وعدد من النوى وبعض الكريات الزيتية .

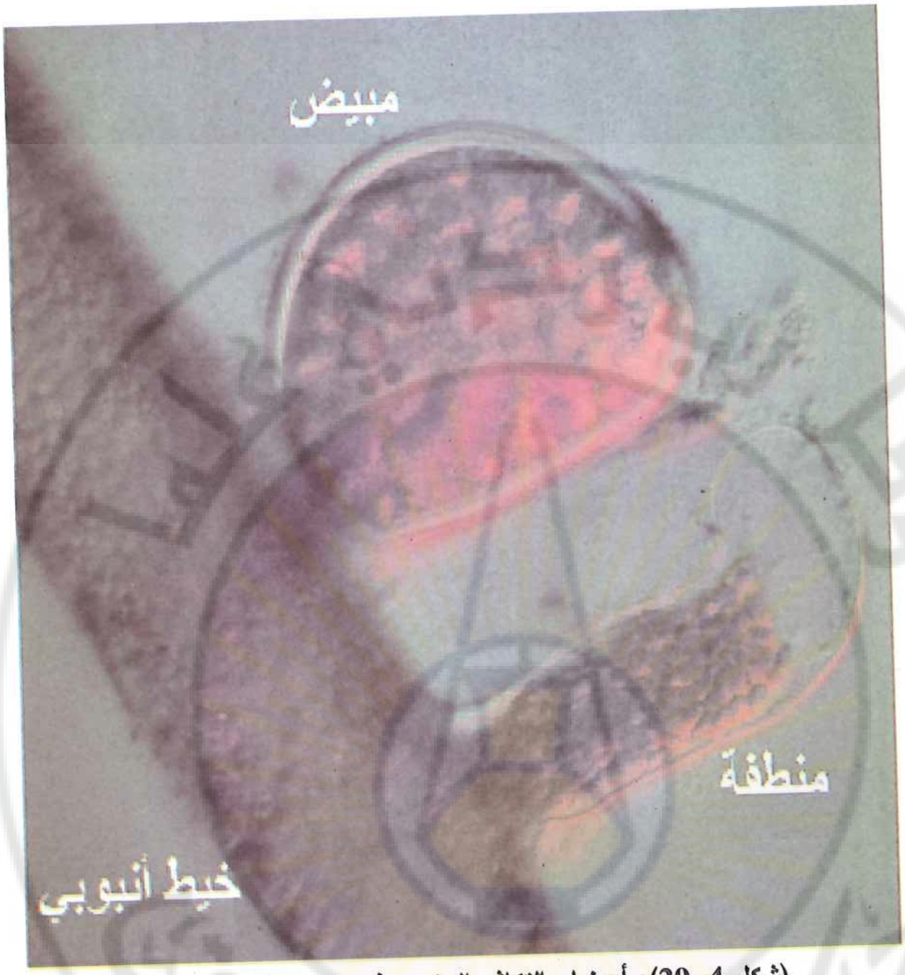
التكاثر الإعاشي: يتم بتفتت خيوط الطحلب إلى أجزاء صغيرة تحت تأثير أي عامل ميكانيكي، تنمو هذه الأجزاء مشكلة خيوطاً طحلبية جديدة.

التكاثر اللاجنسي: ويتم بتشكل أبواغ سابحة مركبة عديدة السياط في نهايات الخيوط، وذلك باندفاع كمية كبيرة من السيتوبلاسما والنوى والصانعات الخضراء في قمة خيط أو أحد فروعه وبتشكل حاجز وتنتفخ هذه القمة مشكلة كيساً بوغياً يحوي بوغة سابحة مركبة عديدة السياط، وتكون النوى فيها مرتبة في الناحية السطحية من السيتوبلاسما ويقابل كل نواة زوج من السياط، أما الصانعات الخضراء فتكون في الجزء المركزي منها. تتحرر البوغة السابحة الناضجة من فوهة الكيس البوغي وتقضي فترة راحة وتزول سياطها وتنتش لتكون خيطاً جديداً.

وفي بعض الحالات وعند تعرض الطحلب للجفاف يتشكل داخل الخيط جدر عرضية ويتشكل سلسلة من الحويصلات أو الأكياس (Cysts) مشكلة ما يسمى بطور *Congrosira* وعند تحسن الظروف البيئية ، تنتش كل حويصلة لتشكل خيطاً جديداً.

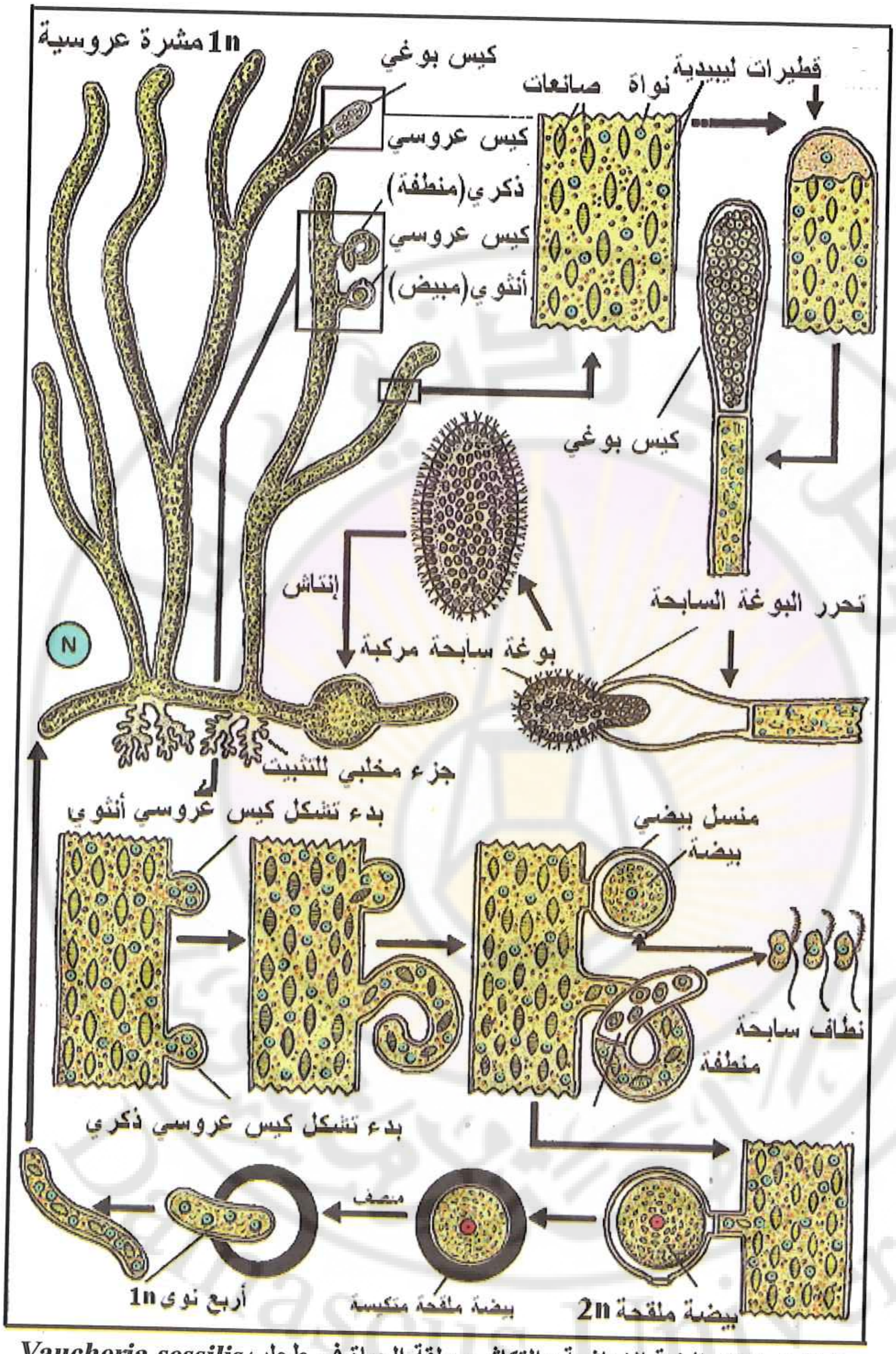
التكاثر الجنسي: الإلقاح من النمط البيضي، وأنواع هذا الجنس وحيدة أو ثنائية المسكن. تكون المنطفة Antheridium رفيعة مقوسة بشكل أنبوب معقوف يتحرر منها سابحات ذكرية (نطاف) يسبح كل منها بسوطين جانبيين غير متماثلين. أما

المنسل البيضي Oogonium فذو شكل كروي أو بيضوي يحوي بيضة كروية (شكل 4-29).



(شكل 4-29): أعضاء التكاثر الجنسي في جنس *Vaucheria*

تتجذب النطاف كيميائياً وتلقح البيضة ويتشكل بيضة ملقحة Zygote تتعرض بعد فترة سكون إلى انقسام منصف وتنتش معطية خيطاً طحلبياً جديداً. وهكذا فإن حلقة الحياة من النمط أحادي الجيل أحادي الصيغة الصبغية (شكل 4-30).


1n مشرة عروسية
كيس بوغي
كيس عروسي
ذكري(منطفة)
كيس عروسي
أنثوي(مبيض)
قطيرات ليبيدية
نواة
صانعات
كيس بوغي
إنتاش
بوغة سابحة مركبة
تحرر البوغة السابحة
N
جزء مخلبي للتثبيت
بدء تشكل كيس عروسي أنثوي
منسل بيضي
بيضة
نطاف سابحة
منطفة
بدء تشكل كيس عروسي ذكري
منصف
أربع نوى 1n
بيضة ملقحة متكيسة
بيضة ملقحة 2n

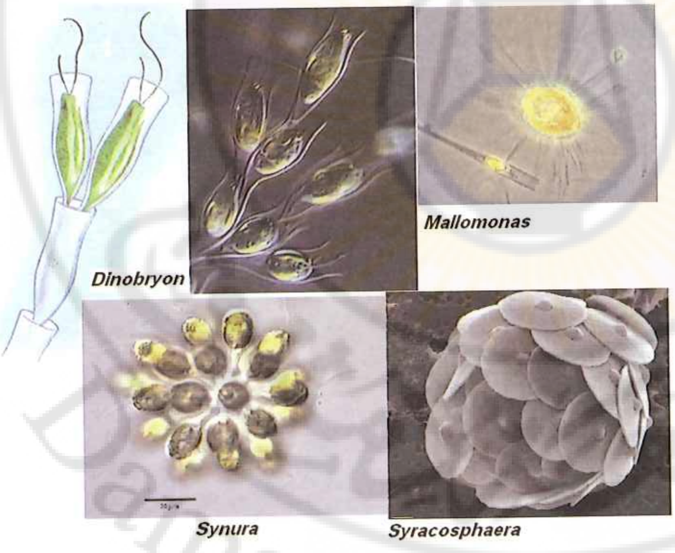
(شكل 4-30): البنية الإعاشية والتكاثر وحلقة الحياة في طحلب ***Vaucheria sessilis***

4-5-5 شعبة الطحالب الذهبية(Golden algae) Chrysophyta:

أفراد هذه الشعبة مفردة الخلية أو بشكل مستعمرات سابحة مثل *Dinobryon*, *Synura* (شكل 4-31) أو لا، وأحياناً خيطية. تسبح الأشكال المتحركة بفضل سوطين رأسيين أحدهما مزركش والآخر أملس، وفي حالات نادرة يوجد سوط ثالث للتثبت في الوسط. وقد يختزل أحد السوطين ليبقى سوط واحد كما في *Mallomonas,Chromulina* (شكل 4-31). يعود لونها الأصفر الذهبي أو الأسمر إلى وجود الأصبغة الثانوية مثل Lutein, Fucoxanthin, Diadinoxanthin، و β-Carotene إضافة إلى أصبغة اليخضور Chl.a + c_1 + c_2. يستطيع بعضها أن يفترس المشطورات والجراثيم، إضافة إلى قدرتها على القيام بالتركيب الضوئي.

قد تتغطى الخلية بحراشف كلسية ذات أشكال مختلفة مثل *Coccolithus*, *Syracosphaera*، ويصنفها بعض الباحثين ضمن شعبة Prymnesiophyta (Haptophyta) (شكل 4-31).

في الظروف غير الملائمة يمكن للخلية السابحة أن تتكيس ضمن كيس سيليسي يشبه ببنيته دروع المشطورات، وعند عودة الظروف الملائمة، يخرج من الكيس عدة خلايا سابحة.



(شكل 4-31): بعض أشكال أفراد شعبة الطحالب الذهبية Chrysophyta

جنس *Mallomonas*:

وهو من طحالب المياه العذبة مفرد الخلية يسبح بسوطين رأسيين أحدهما طويل والآخر قصير. تغطى الخلية بحراشف سيليسية كحراشف الأسماك (شكل 4-31).

جنس *Dinobryon*:

طحلب سابح، مفرد الخلية أو بشكل مستعمرات، توجد الخلية في كيس مخروطي وتسبح بسوطين رأسيين غير متساويين في الطول (شكل 4-31).

جنس *Syracosphaera*:

طحلب سابح مفرد الخلية، وتكون الخلية مغطاة بحراشف كلسية متباينة الأشكال والحجوم حسب الأنواع (شكل 4-31).

4-5-6 شعبة الطحالب العصوية (المشطورات)(Bacillariophyta (Diatoms :

تعتبر المشطورات جزءاً مهماً من البلانكتون النباتي. تتميز أفراد هذه الشعبة بكونها وحيدة خلية متنوعة الأشكال, وقد يتجمع بضع خلايا لتشكيل مستعمرة (شكل 4-32). كما تتميز أيضاً بجدرها الخلوية التي تتمثل بدروعها السيليسية (بكتين متشرب بالسيليس) والتي تحيط بالخلية وتبدي تزيينات جميلة وثابتة في النوع الواحد مما يفيد في عملية التصنيف. ويتكون الدرع من مصراع Valve علوي ومصراع سفلي ومن وجه حزامي Girdle. وتوجد في المياه العذبة, والمالحة, والتربة الرطبة وعلى السطوح الرطبة للنباتات. ويميل لونها نحو الأصفر أو البني. تحوي الخلايا في صانعاتها على الكلوروفيل Chl. a + c وعلى الكاروتين β وبعض أصبغة اليصفور مثل Fucoxanthin. وتزدهر في الربيع بسبب وفرة المواد الغذائية والإضاءة المناسبة. معظم أفرادها ذاتي التغذية ولكن بعضها غيري التغذية أو متعايش مع بعض الحيوانات الأوالي. تتكاثر بشكل رئيسي لاجنسياً بانقسام الخلية وهذا يؤدي إلى تناقص مطرد في حجوم الخلايا الناتجة عن الانقسام .أما التكاثر الجنسي فيتم بإلقاح متماثل أو غير متماثل الأعراس أو بإلقاح بيضي يقود لتشكيل زيغوت تتطور لبوغة عملاقة Auxospore تعطي فرداً بحجم الفرد الأم.

تتكدس دروع المشطورات الميتة في قاع البحار مشكلة تربة دياتومية Diatomaceous earth تستخدم كعازل جيد للصوت والحرارة وفي صناعة الأفران الحرارية, وتلميع المعادن, وصناعة الديناميت واستخدامات كثيرة أخرى (شكل4-32). يعود 20% من الإنتاج الأولي في النظم البيئية المائية إلى أفراد هذه الشعبة التي تضم أكثر من 5500 نوع.

(شكل 4-32): تربة دياتومية Diatomaceous earth

يقسم العلماء المشطورات بحسب تناظرها إلى رتبتين رئيسيتين:

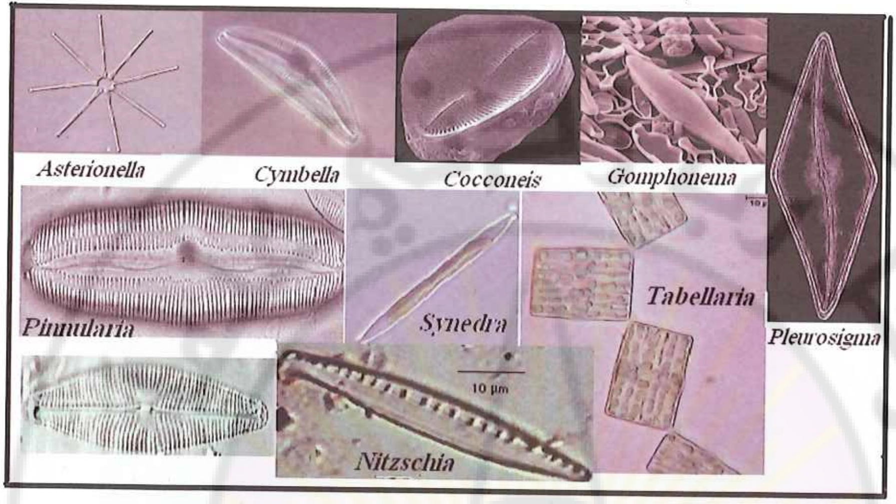
1- رتبة المشطورات ثنائية وجانبية التناظر وتسمى المشطورات الريشية Pennales.

2- رتبة المشطورات شعاعية التناظر وتسمى المشطورات المركزية Centrales.

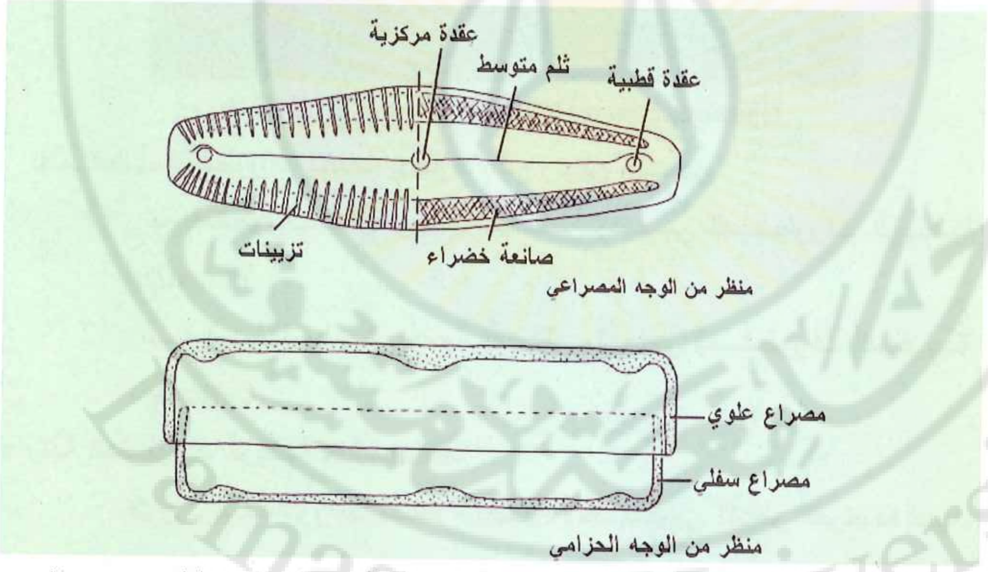
رتبة المشطورات الريشية Pennales:

تكون تزيينات دروعها متناظرة بالنسبة لأحد مستويي التناظر الموجودة لديها، ويميز فيها وجهين مصراعين، علوي وسفلي، ووجه حزامي. وهي واسعة الانتشار في المياه العذبة. ومن الصفات المميزة لأفراد هذه الرتبة وجود أو عدم وجود ما

يسمى بالثلم الطولي الذي يكون في حال وجوده كاملاً أو غير كامل، وربما هامشي، يتوضع على أحد المصراعين أو كليهما وله دور في الحركة الاهتزازية التي تبديها المشطورة. وقد يتغلظ ليشكل عقدتين قطبيتين وعقدة متوسطة تتوسط المصراع (شكل4-33 و 4-34).


Asterionella
Cymbella
Cocconeis
Gomphonema
Pleurosigma
Pinnularia
Synedra
Tabellaria
Nitzschia
10 µm

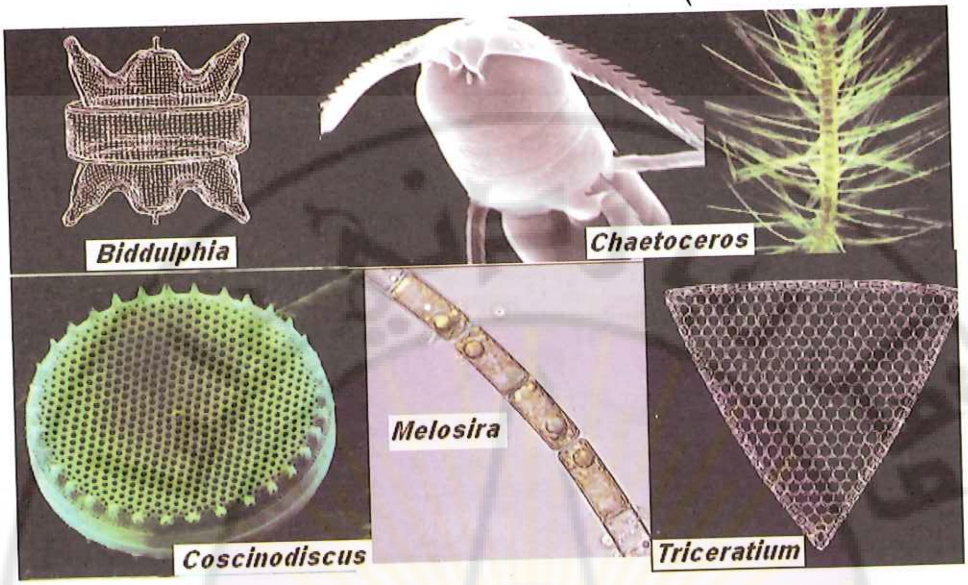
(شكل 4-33): أشكال مختلفة من المشطورات الريشية


عقدة مركزية
ثلم متوسط
عقدة قطبية
تزيينات
صانعة خضراء
منظر من الوجه المصراعي
مصراع علوي
مصراع سفلي
منظر من الوجه الحزامي

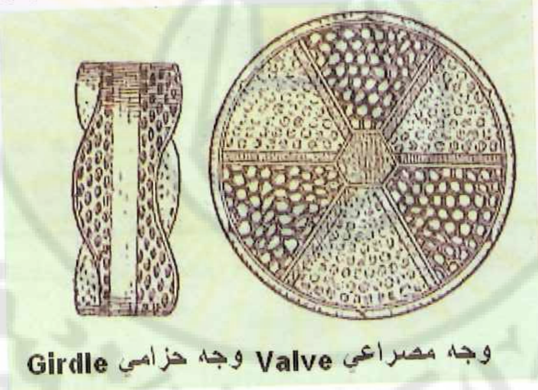
(شكل4-34): بنية أحد المشطورات الريشية (الحاوية على ثلم متوسط) من وجهيها المصراعي والحزامي

رتبة المشطورات المركزية Centrales:

- أفراد هذه الرتبة بحرية غالباً, وتحوي العديد من مستويات التناظر الشعاعية (شكل 4-35 و 4-36).


Biddulphia
Chaetoceros
Melosira
Coscinodiscus
Triceratium

(شكل 4-35): أشكال مختلفة من المشطورات المركزية


وجه مصراعي Valve وجه حزامي Girdle

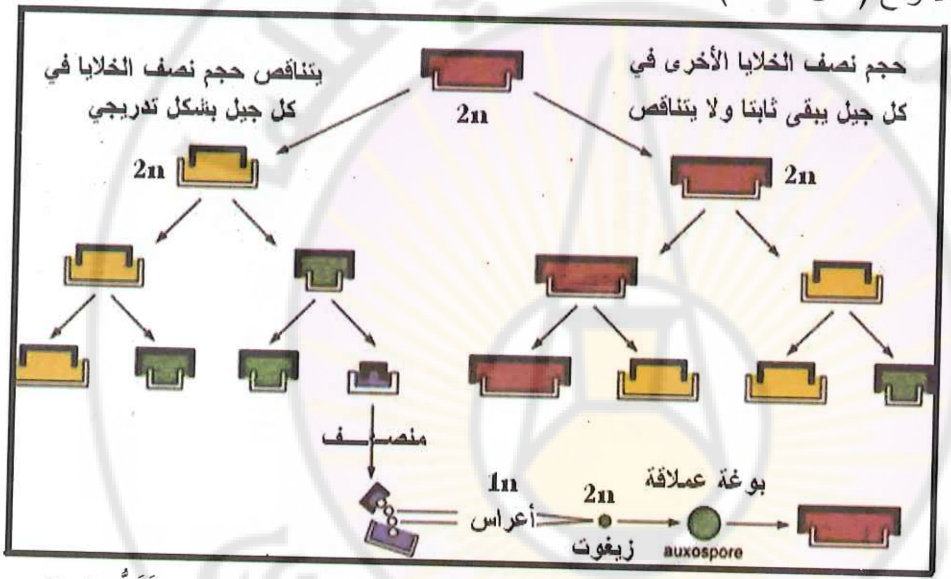
مشطورة مركزية

(شكل 4-36): الوجه المصراعي والحزامي لأحد المشطورات المركزية

التكاثر في المشطورات:

تتكاثر المشطورات لاجنسياً وجنسياً.

التكاثر اللاجنسي Asexual Reproduction : ويتم بانقسام خلية المشطورة حيث ينفصل مصراعي المشطورة وتنقسم النواة خيطياً إلى نواتين ويتلقى كل فرد متشكل نواة ونصف السيتوبلاسما ومصراع, ويبقى أن يتمم كل فرد متشكل مصراعاً آخر يكون سفلياً لأن المصراع الذي ورثه من الخلية الأم يكون دائماً علوياً في المشطورة البنت, وهكذا وفي كل جيل متشكل ينتج فردان أحدهما بنفس حجم الجيل الأم أما الفرد الآخر فيكون أصغر, وهكذا ونتيجة الانقسامات المتتالية تتناقص حجوم الأفراد ولابد من تدخل التكاثر الجنسي ليعيد حجم المشطورة إلى حجمها الأصلي تجنباً لانقراض الأنواع (شكل 4-37).

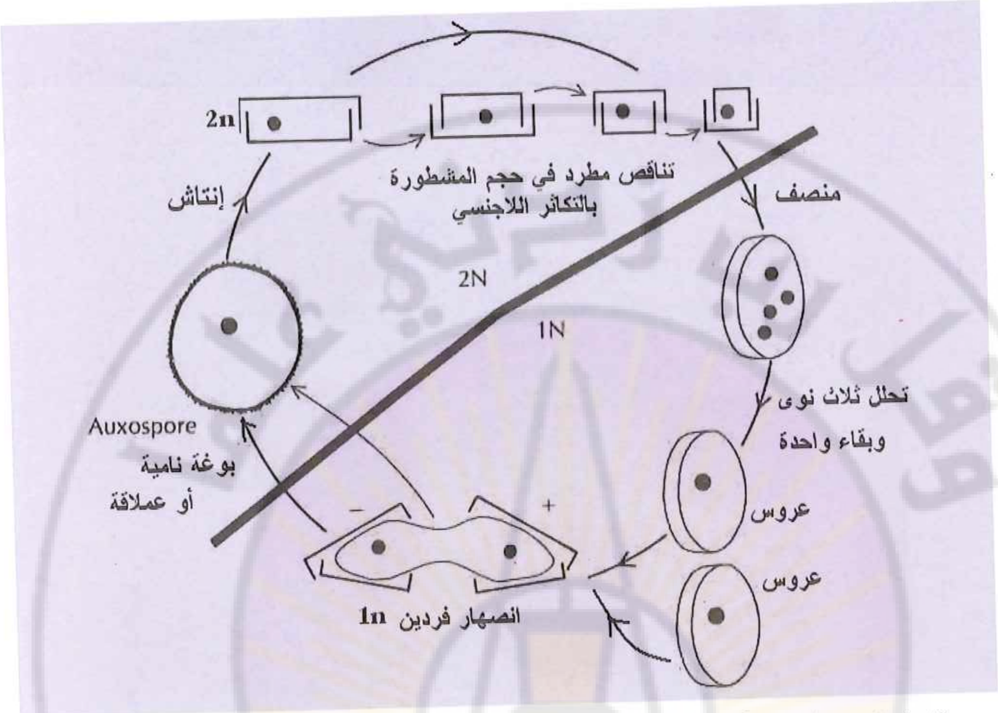

حجم نصف الخلايا الأخرى في كل جيل يبقى ثابتا ولا يتناقص
يتناقص حجم نصف الخلايا في كل جيل بشكل تدريجي
2n
2n
2n
منصف
1n
أعراس
2n
زيغوت
بوغة عملاقة
auxospore

(شكل 4-37): تناقص حجم المشطورة الريشية خلال التكاثر اللاجنسي وتَدَخُّل التكاثر الجنسي

التكاثر الجنسي Sexual Reproduction: ويتم بإلقاح متماثل أو غير متماثل الأعراس في المشطورات الريشية, أو بيضي في بعض المشطورات المركزية ويعتمد ذلك على الأنواع.

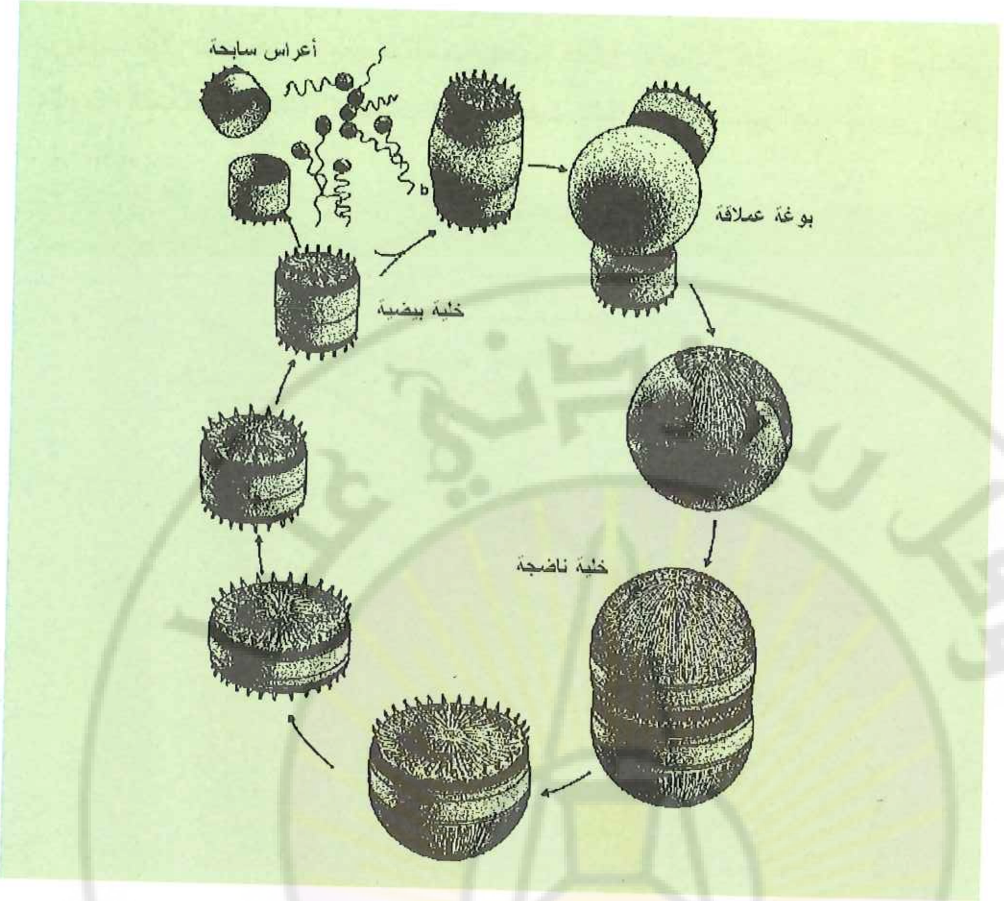
ففي المشطورات الريشية تنقسم المشطورة 2n انقساماً منصفاً يؤدي إلى تشكيل أربع نوى, يتحلل منها ثلاثاً ويبقى واحدةً. تندمج هذه الخلية 1n مع خلية أخرى 1n ويتشكل

زيغوت 2n, تنمو هذه الزيغوت لتصبح بحجم الخلية الأصلية الذي يميز النوع وتسمى البوغة العملاقة أو النامية Auxospore حيث تشكل لنفسها مصراعين جديدين (شكل 4-38).


2n
تناقص مطرد في حجم المشطورة بالتكاثر اللاجنسي
منصف
إنتاش
2N
1N
تحلل ثلاث نوى وبقاء واحدة
Auxospore
بوغة نامية أو عملاقة
عروس
عروس
−
+
انصهار فردين 1n

(شكل 4-38): حلقة الحياة في المشطورات الريشية توضح طريقة التكاثر اللاجنسي والجنسي

وفي بعض المشطورات المركزية مثل جنس *Biddulphia* يكون الإلقاح فيها من النمط البيضي حيث تتحول بعض المشطورات إلى أكياس ذكرية نتيجة انقسام منصف, يتحرر منها عدد كبير من السابحات الذكرية (يصل إلى 128 سابحة) تسبح من خلال سوط واحد, وبعض الخلايا تنقسم انقساماً منصفاً ينتج عنه تشكل أربع نوى يزول منها ثلاث وتتحول الخلية المحتوية على النواة الرابعة إلى كيس بيضي يحوي بيضة واحدة 1n. يجري الإلقاح بين سابحة ذكرية وبيضة وتتشكل بيضة ملقحة (زيغوت) 2n تتحول إلى بوغة نامية (عملاقة) ثم إلى فرد كامل بعد تشكل درع جديد (شكل 4-39).



(شكل 4-39): التكاثر الجنسي في المشطورات المركزية

4-5-7 شعبة الطحالب السمراء Phaeophyta:

تسمى أفراد هذه الشعبة بالطحالب السمراء أو البنية Brown algae, وتأخذ لوناً بنياً, ذهبياً، أسمر أو أخضر زيتوني. ذات أبعاد كبيرة يمكن أن يصل طولها إلى 100 متر وتتثبت غالباً إلى الوسط بجزء مخلبي, و تشكل جزءاً هاماً من أعشاب البحر Seaweeds. يعود لون هذه الطحالب إلى أصبغة أشباه الكاروتين Carotenoid التي تحويها في صانعاتها الخضراء وخاصة الصباغ الثانوي المسمى Fucoxanthin الأسمر. وهي غالباً بحرية تنمو بشكل أمثل في أبرد المحيطات في

العالم ويمكن أن تنمو في المياه المعتدلة الحرارة. ويقدر عدد أنواعها بـ 1500-2000 نوع, و265 جنساً. وقلة جداً من أفرادها يعيش في المياه العذبة.

أما أصبغة التركيب الضوئي فتتمثل باليخضور $Chl.a + c (c_1,c_2)$, و β-Carotene إضافة لبعض أصبغة اليصفور Xanthophylls.

المدخرات الغذائية تتمثل بسكر اللاميناريان Laminarin, المانيتول Mannitol, بعض الزيوت والدهون التي تتشكل خارج الصانعات وتنتشر إلى داخل الفجوات. يحوي الغلاف الخلوي على السليلوز والبكتين ويكون غنياً بالألجينات وأملاحها، تلك المادة المكثفة التي لها استخدامات عديدة. للكثير من أفرادها استخدامات مختلفة صيدلانية, وغذائية (صناعة البوظة، الجيلي) وصناعية (المراهم ومعاجين وقوالب الأسنان), كما تستخدم كأسمدة بعد تجفيفها بالإضافة لاستخدامات أخرى تحدثنا عنها سابقاً. الأشكال السابحة تكون مزودة بسوطين غير متساويين. لاتوجد أشكال وحيدة الخلية بين أفراد هذه الشعبة أما النمو فيكون بينياً أو قمياً.

التكاثر والإلقاح لدى أفراد هذه المجموعة يمكن أن يكون متماثل أو متغاير الأعراس أو بيضياً حسب النوع.

تضم هذه الشعبة صفاً واحداً Phaeophyceae وقرابة تسع رتب. سوف ندرس منها مثالين من رتبتين.

رتبة Fucales

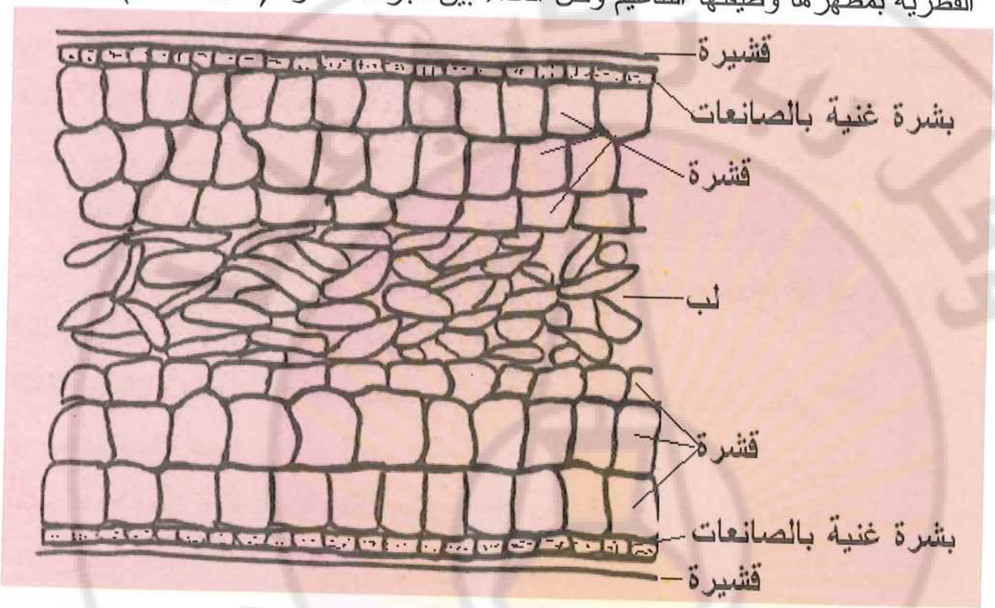
فصيلة Fucaceae

جنس *Fucus*:

تبدي أفراد هذه الرتبة في حلقة حياتها وجود جيل واحد مضاعف الصيغة الصبغية والإلقاح فيها من النمط البيضي.

يعتبر طحلب الفوكس من الطحالب البحرية الذي يمكن أن يصل ارتفاعه إلى متر. مشرته شريطية جلدية المظهر ذات لون بني زيتوني, تنمو من خلال خلية قمية وتتفرع بشكل ثنائي. تحمل المشرة انتفاخات هوائية تفيد في انتصاب المشرة في ماء البحر, وتتثبت إلى الوسط من خلال قرص في قاعدتها.

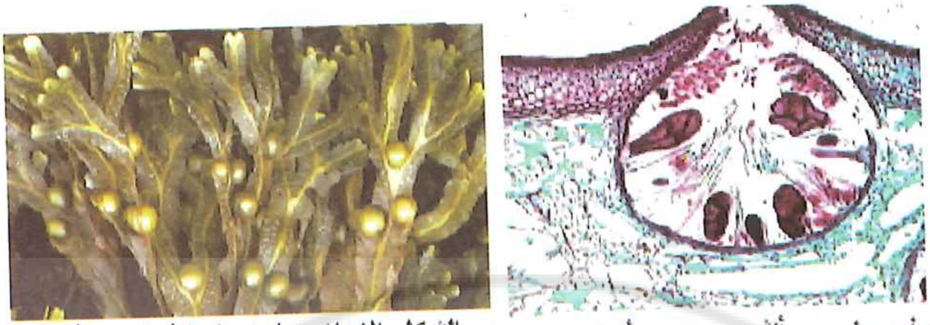
يبدي المقطع العمودي على المشرة من الناحية التشريحية وجود طبقة مخاطية (قشيرة) تغلف صف من الخلايا الصغيرة الغنية بالصانعات الخضراء والتي تشكل البشرة وتقوم خلايا البشرة بعملية التركيب الضوئي. وتحت البشرة يلاحظ وجود خلايا القشرة التي تتكون غالباً من ثلاثة صفوف خلوية وظيفتها ادخارية. وتحت القشرة وفي مركز المشرة يلاحظ وجود اللب Medulla الذي يتكون من خلايا طويلة تشبه الخيوط الفطرية بمظهرها وظيفتها التدعيم ونقل الغذاء بين أجزاء المشرة (شكل 4-40).



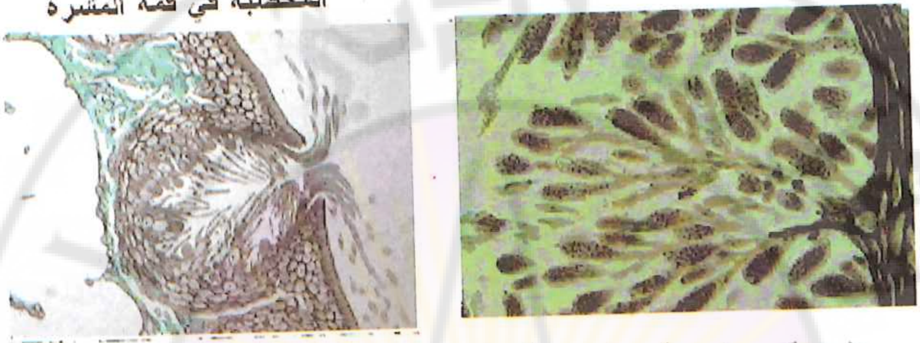
(شكل4-40): بنية المشرة في جنس *Fucus*

يتم التكاثر الإعاشي بالتفتت أو بتشكيل فروع عَرَضية تتشكل عند تقطع أو تأذي المشرة بسبب الأمواج أو عندما تقضم من قبل الحيوانات البحرية، تنمو هذه الفروع لتعيد بناء المشرة.

تتشكل أكياس التكاثر الجنسي (الأكياس البيضية Oogonia والمناطف Antheridia) داخل أجواف مخصبة Conceptacles وهذه تتشكل في أعضاء مخصبة Receptacles تتمايز في قمم فروع المشرة (شكل 4-41).



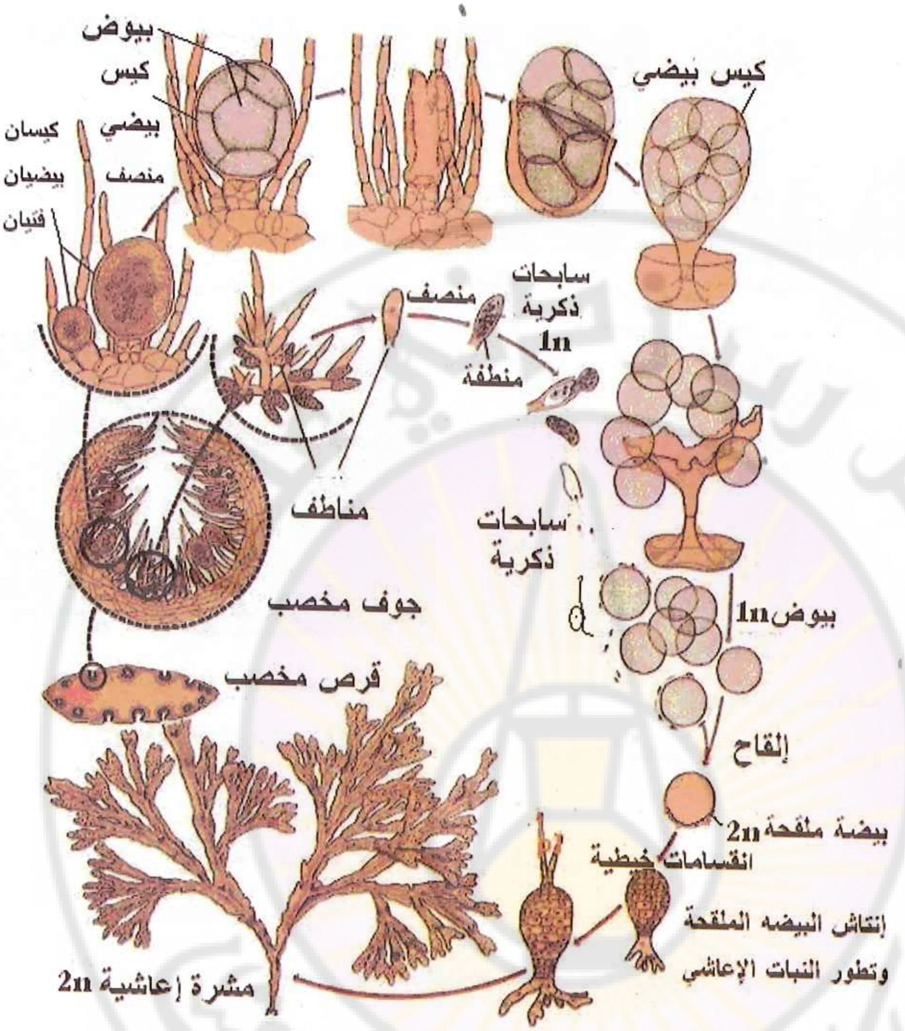
جوف مخصب أنثوي يحوي أكياس بيضية **الشكل الإعاشي لمشرة الطحلب والأعضاء المخصبة في قمة المشرة**



جزء مكبر من جوف مخصب ذكري **جوف مخصب ذكري يحوي مناطف**

(شكل 4-41): الشكل الإعاشي والأجواف المخصبة الذكرية والأنثوية في جنس *Fucus*

قد تتشكل الأكياس البيضية والمناطف ضمن نفس الجوف المخصب أو في أجواف مستقلة، وقد يكون الطحلب أحادي أو ثنائي المسكن حسب الأنواع. يحوي الكيس البيضي 1-8 بيوض، أما المنطفة فيتشكل فيها قرابة 64 نطفة سابحة بسوطين جانبيين غير متساويين في الطول. تتشكل الأعراس من خلال انقسام منصف فهي أحادية الصيغة الصبغية أما الخلايا الأم التي تولدها وخلايا مشرة الطحلب عموماً فهي ثنائية الصيغة الصبغية. يتم الانجذاب بين البيوض والنطاف كيميائياً وتنجح نطفة من النطاف التي تتجمع حول البيضة بتلقيحها لتشكل بيضة ملقحة 2n, تنتش وتنقسم خيطياً مرات عديدة لتشكل مشرة ناضجة. وهكذا فإن حلقة الحياة من النمط أحادي الجيل مضاعف الصيغة الصبغية ولا يوجد تعاقب للأجيال في جنس الفوكس (شكل 4-42). يوجد هذا الجنس على شواطئ المتوسط.


بيوض
كيس
بيضي
كيسان
بيضيان
منصف
فتيان
كيس بيضي
سابحات
ذكرية
1n
منصف
منطفة
مناطف
سابحات
ذكرية
جوف مخصب
بيوض 1n
قرص مخصب
إلقاح
بيضة ملقحة 2n
انقسامات خيطية
إنتاش البيضه الملقحة
وتطور النبات الإعاشي
مشرة إعاشية 2n

(شكل 4-42): التكاثر وحلقة الحياة في جنس ***Fucus***

جنس *Laminaria*:

رتبة Laminariales

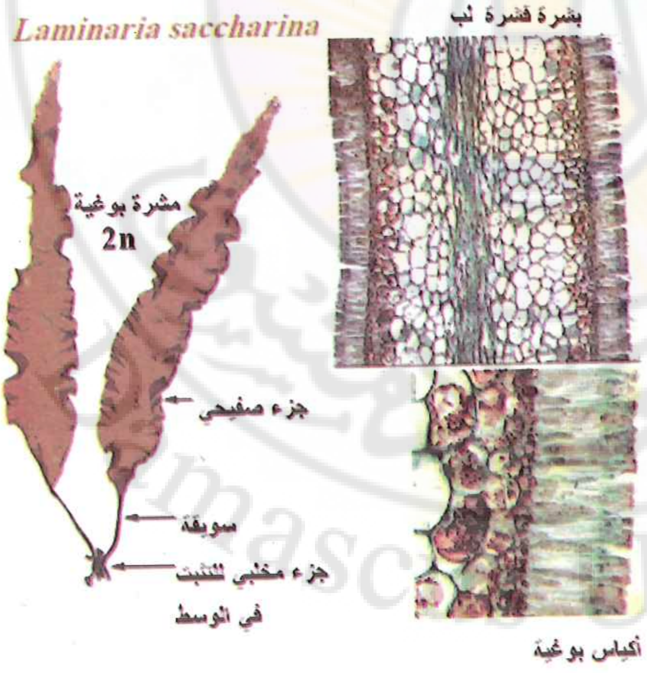
فصيلة Laminariaceae

توجد أفراد هذه الرتبة في مياه المحيطات وهي من أكبر الطحالب وأكثرها تعضياً, حيث يتكون النبات البوغي من بنية برنشيمية كاذبة ويبدي وجود جزء مخلبي

Holdfast يتثبت به الطحلب في الوسط, وشبه ساق Stipe, وجزء صفيحي Blade ضخم. ويتوضع بين الجزء الصفيحي وشبه الساق منطقة ميرستيمية تؤمن توليد أنسجة جديدة لكلا الجزئين. ظاهرة تبادل الأجيال واضحة لدى أفراد هذه الرتبة حيث يتبادل طور بوغي ضخم (يصل إلى أكثر من مائة متر) مع طور عروسي خيطي مجهري. أما الأكياس البوغية فتتجمع في مجاميع على الجزء الصفيحي أو على شبه الساق أو على كليهما.

تكون المشرة البوغية في جنس *Laminaria* ضخمةً 2n (يمكن أن يصل ارتفاعها إلى 100متر وربما أكثر) وتتكون من جزء مخلبي يتثبت الطحلب بواسطته في الوسط, وسويقة (شبه ساق) وجزء صفيحي يكون بسيطاً أو مفصصاً حسب الأنواع.

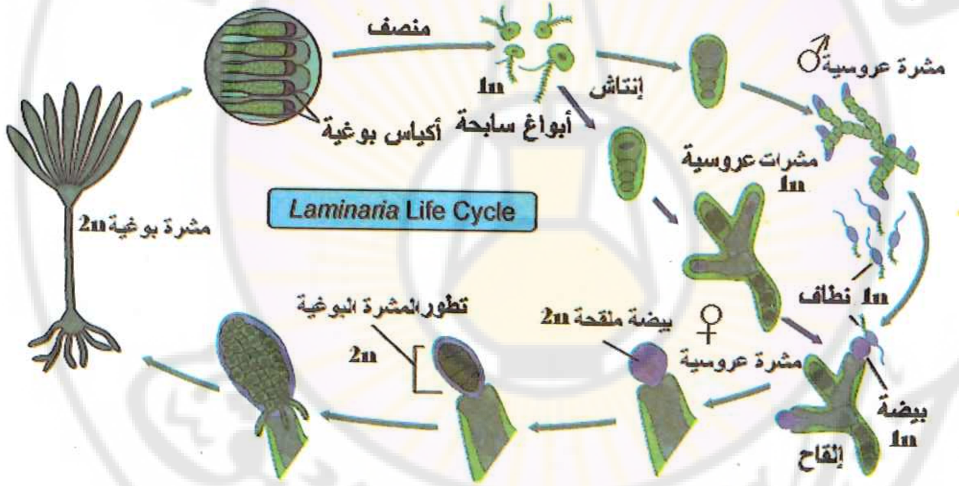
يُظهر المقطع العرضي في المشرة البوغية المار في منطقة مخصبة وجود بشرة تتكون من خلايا صغيرة غنية بالصانعات وتتكون من طبقة أو أكثر من الخلايا، يليها قشرة ذات خلايا أكبر حجماً ومستطيلة الشكل, يليها لب يتكون من كتلة من الخيوط الخلوية المتشابكة تظهر انتفاخات بوقية وتقوم بدور نسيج دعامي وتخزيني وتوصيلي يقوم بنقل الغذاء بين أجزاء المشرة (شكل 4-43).



(شكل 4-43): المشرة البوغية في جنس *Laminaria* ومقطع عمودي عليها يمر في منطقة مخصبة

تُحمل الأكياس البوغية المتطاولة على سطح البشرة ويفصل بينها خيوطاً عقيمة وحيدة

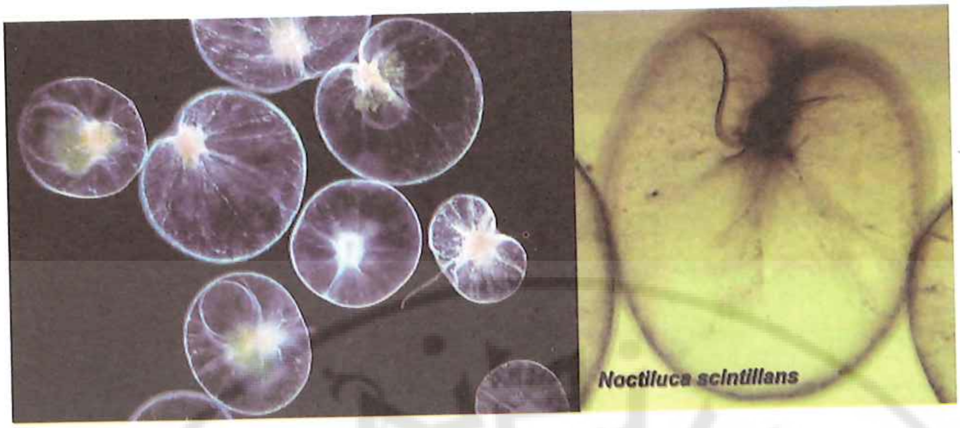
الخلية. يحوي الكيس البوغي من 16–64 بوغة 1n سابحة ثنائية وجانبية السياط وتكون السياط غير متساوية الطول، وتنتج عن انقسام منصف يتعرض له الكيس البوغي. تفقد الأبواغ سياطها بعد تحررها من الكيس البوغي وتنتبت منتشة ليشكل بعضها مشرات عروسية ذكرية مكونة من خلايا صغيرة, وبعضها يشكل مشرات عروسية أنثوية ذات خلايا أكبر نسبياً من خلايا المشرات العروسية المذكرة. تكون المشرة العروسية الذكرية والأنثوية خيطيةً، ولا تُرى إلا بالمجهر نظراً لصغر حجمها. تتحرر السابحات الذكرية وتتحلل المشرة العروسية الذكرية, أما خلايا المشرة العروسية الأنثوية فتتمايز كل خلية فيها لتشكل مبيضاً يحوي بيضة واحدة. يجري إلقاح البيضة بنطفة سابحة فيتشكل بيضة ملقحة 2n تتطور إلى مشرة بوغية 2n. وهكذا فإن حلقة حياة هذا الطحلب هي من النمط ثنائي الجيل مختلف الشكل (شكل 4-44).


منصف
1n
أبواغ سابحة
أكياس بوغية
إنتاش
مشرة عروسية ♂
مشرات عروسية
1n
Laminaria Life Cycle
مشرة بوغية 2n
نطاف 1n
بيضة ملقحة 2n
♀
مشرة عروسية
بيضة
1n
إلقاح
تطور المشرة البوغية
2n

(شكل 4-44): التكاثر وحلقة الحياة في جنس *Laminaria*

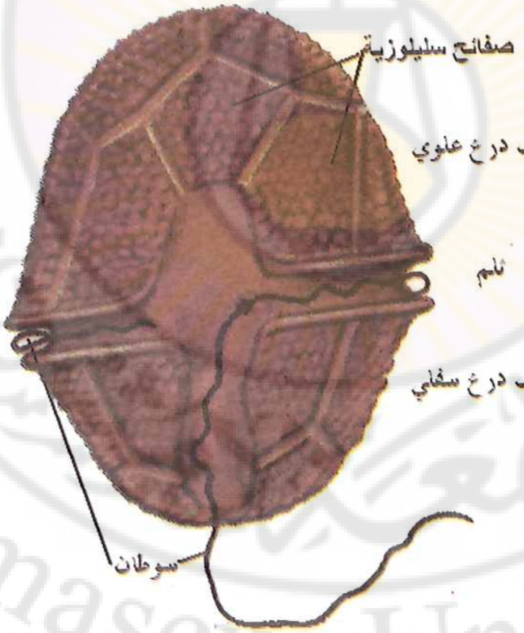
4-5-8 شعبة الطحالب النارية Pyrrophycophyta (Dinoflagellates):

يطلق على أفراد هذه الشعبة النباتات النارية Fire Plants نظراً للأصبغة التي تحتويها من جهة ولأن الكثير من أفرادها مثل جنس *Noctiluca* (شكل 4- 45)،


Noctiluca scintillans

(شكل 4- 45): أحد أنواع جنس ***Noctiluca*** عديم الدرع ومصدر للضوء

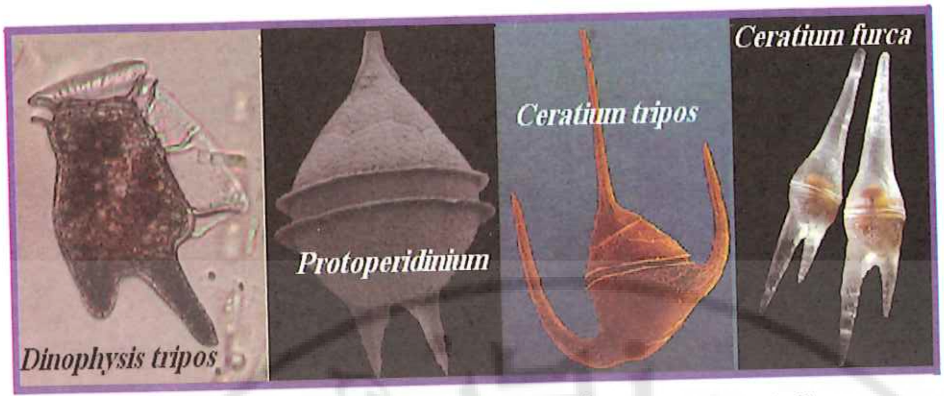
يتميز بوجود مجس وسوطين صغيرين ويبدي ظاهرة إصدار الضوء الحيوي Bioluminescence بسبب احتوائه على مادة Lucifirin التي تتأكسد بواسطة أنزيمة Luciferase بوجود الأوكسجين والأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP متوهجة ومطلقة للضوء. أفراد هذه الشعبة غالباً وحيدة خلية سابحة تتحرك بسوطين غير متساويين (شكل 4-46).


صفائح سليلوزية
نصف درع علوي
تلم
نصف درع سفلي
سوطان

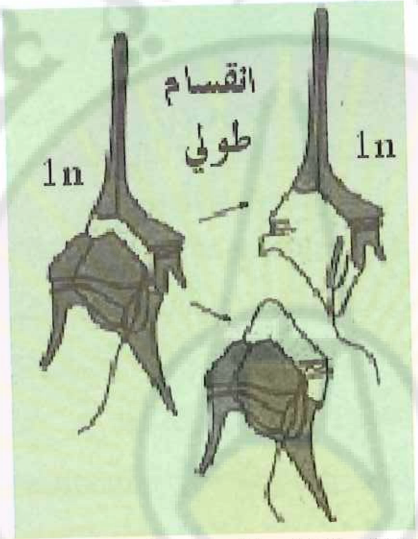
(شكل 4-46): جنس ***Peridinium*** سابح بسوطين

يقوم 55% من أفراد هذه الشعبة بتغذية ذاتية, و 45% منها يقوم بتغذية غيرية على بيوض الأسماك وأحياء أخرى سواءً بوجود اليخضور أو بعدم وجوده. تحوي الخلية عادة على صانعتين قرصيتين وربما أكثر، يوجد فيها اليخضور $Chl.\ a + c_2$, كما تحوي على بعض أشباه الكاروتينات مثل β- Carotene ومن أصبغة اليصفور يوجد Peridinin, Diadinoxanthin, Dinoxanthin لذلك تأخذ ألواناً تتراوح بين البني المصفر إلى الأحمر والأحمر المزرق، أما ناتج البناء الضوئي فيتمثل بالنشاء الذي يختزن خارج الصانعات. تحوي خلية أفراد هذه الشعبة أيضاً على نواة مميزة ضخمة تشكل نصف حجم الخلية تقريباً، لا تحوي صبغياتها على الهيستونات وتكون كمية DNA أكبر 40 مرة مما هو في خلية من خلايا الإنسان. وتكون صبغيات الخلية واضحة خلال مراحل حياة الفرد جميعها وعددها يتراوح بين 12-400 صبغي في نواة الفرد ترتبط بالغشاء النووي من الداخل. كما تحوي الخلية في بعض الأفراد على بقعة عينية Eyespot حساسة للإضاءة. تضم هذه الشعبة صفاً واحداً Dinophyceae يحوي نحو 3000 نوع، ومن بينها هناك 300 نوع مسؤولاً عن ظاهرة المد الأحمر Red tide التي تحدث في البحار والمحيطات بسبب ازدهارها الكبير والفجائي. ورغم أهمية أفراد هذه المجموعة في السلاسل الغذائية في البيئات المائية العذبة والمالحة إلا أن قسماً كبيراً يفرز سموماً مختلفة ذات تأثير سلبي على الأحياء البحرية التي تتغذى عليها, وعلى الإنسان الذي يتغذى على هذه الأحياء كالأسماك والمحار. يحاط الكثير من أفراد هذه الشعبة بدرع، مقسم إلى نصفين، و مغشى بصفائح سليلوزية، يأخذ شكلاً كروياً أو يكون مزوداً بقرون ذات أهمية تصنيفية، وتفيد الطحلب في بقائه حراً معلقاً في طبقات المياه العليا (شكل 4-47).

يبدو أن التكاثر اللاجنسي لدى أفراد هذه الشعبة يتم بشكل رئيسي بانقسام الخلية طولياً إلى نصفين يتمم كل نصف ما ينقصه (شكل4-48).

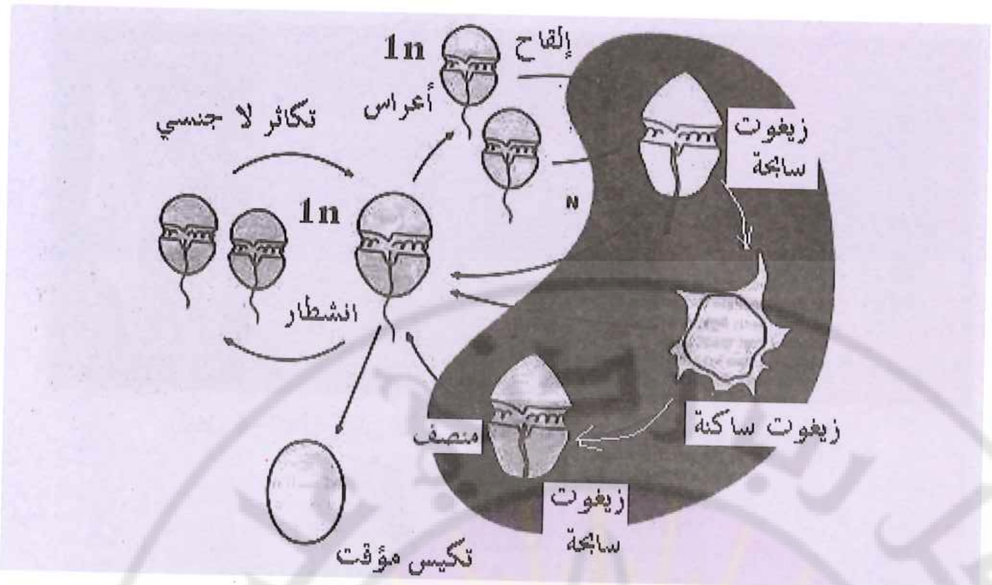

Ceratium furca
Ceratium tripos
Protoperidinium
Dinophysis tripos

(شكل 4–47): بعض أفراد شعبة الطحالب النارية **Pyrrophyta**


انقسام طولي
1n
1n

(شكل 4–48): التكاثر اللاجنسي في جنس ***Ceratium***

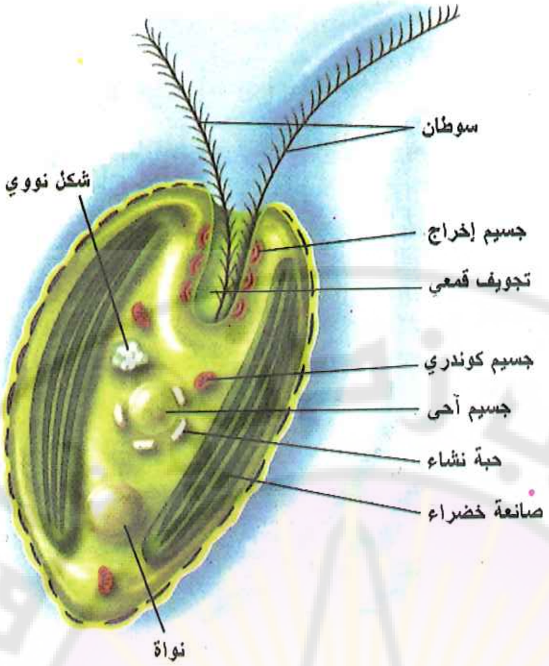
أما التكاثر الجنسي فنادر الحدوث ولكنه ممكن في الظروف البيئية السيئة ويتم بإلقاح متماثل أو غير متماثل الأعراس، وتتشكل هذه الأعراس من انقسامات خيطية تتعرض لها الخلايا الإعاشية، يؤدي اندماج الأعراس إلى تشكيل بيضة ملقحة (زيغوت) تكون سابحة بنشاط في البداية ثم تفقد سياطها وتتكيس لتحمي نفسها من الظروف السيئة وتسمى البيضة الملقحة المتكيسة Hystrichosphere ثم تعود سياطها لتتشكل وتخرج من الكيس سابحة ومنتشة بعد أن تعاني من انقسام منصف معطية خلايا إعاشية جديدة (شكل 4–49).


إلقاح
1n
أعراس
تكاثر لا جنسي
1n
N
زيغوت سابحة
انشطار
زيغوت ساكنة
منصف
زيغوت سابحة
تكيس مؤقت

(شكل 4-49): التكاثر وحلقة الحياة لدى الطحالب النارية Pyrrophycophyta (Dinoflagellates)

4-5-9 شعبة الطحالب المستخفية Cryptophyta (Cryptomonads):

تشكل هذه الشعبة مجموعة صغيرة من الطحالب وحيدة الخلية تضم نحو 200 نوع. وهي عارية سابحة بسوطين مهدبين غير متساويين في الطول. تعيش مع عوالق المياه العذبة والبحرية. تغزر في الفترات الباردة من السنة وفي شروط الإضاءة المنخفضة. من أجناسها *Cryptomonas* الذي يتميز بوجود صانعتين في الخلية، تحويان اليخضور $Chl.a+c_2$ بالإضافة إلى الأصبغة المسماة أشباه الكاروتينات Carotenoids التي تضم أصبغة الكاروتين Carotenes وأصبغة اليصفور Xanthophylls.ويوجد جسيم آحي يحاط بحبيبات نشاء تمثل ناتج التركيب الضوئي. كما تتميز الخلية بوجود تجويف قمعي بلعومي يحاط بعدة جسيمات إخراجية (شكل 4-50). يتم التكاثر بشكل رئيسي لاجنسياً بالانقسام الخيطي الطولي، أما التكاثر الجنسي فغير معروف.



(شكل 4-50): بنية الخلية في جنس *Cryptomonas*

4-5-10 شعبة الطحالب الحمراء Rhodophycophyta:

تأخذ أفراد هذه الشعبة اللون الأحمر بسبب احتوائها على كمية كبيرة من صباغ الفيكوإيريثرين Phycoerythrins وهو من أصبغة الفيكوبيلين Phycobilins. إن وجود هذا الصباغ الأحمر الذي يضاف إلى أصبغة اليخضور Chl a + d يمنح أفراد هذه الشعبة لوناً يتغير من الأخضر البرتقالي إلى الأحمر الدموي مروراً باللون الزهري والأحمر. غالبيتها يعيش في المياه المالحة (قرابة 4000 نوع) وقلة جداً منها يعيش في المياه العذبة كجنس *Batrachospermum*. وهي تفضل المياه الدافئة وتعيش في مستويات أكثر عمقاً من مجموعات الطحالب الأخرى بسبب ماتحويه من أصبغة. يترسب في الجدر الخلوية للكثير من طحالب هذه المجموعة كربونات الكالسيوم لاسيما في أفراد فصيلة Corallinaceae. يُستخدم بعض الطحالب الحمراء في التغذية مثل جنس *Porphyra* الذي يستخدم في اليابان بكثرة حيث أقيم لهذا الغرض مصانع عديدة يعمل فيها آلاف العمال وتدر أرباحاً جيدة.

ناهيك عن أهمية الطحالب الحمراء مثل جنس *Gelidium* الذي يستخرج من جدرانه الخلوية مادة الآغار ذات الأهمية الكبيرة والتي تحدثنا عنها سابقاً. أما ناتج التركيب الضوئي فهو النشاء الفلوريدي Floridean starch الذي يتكون بشكل رئيسي من الغلوكان.

يجري الإلقاح صدفة بين نطفة عديمة الحركة مع نواة الخلية البيضية الموجودة في مبيض ثمري مؤلف من خلية بيضوية مزود بشعرة تسمى Trichogyne, وتغيب هذه الإستطالة الطويلة في الطحالب الحمراء البدائية مثل جنس *Porphyra*. تبدي الطحالب الحمراء الراقية في حلقة حياتها وجود ثلاثة أجيال, بينما يوجد جيلين في الطحالب الحمراء البدائية. تقسم شعبة الطحالب الحمراء Rhodophyta إلى تحتصفين:

- تحتصف الطحالب الحمراء البدائية Protoflorideae.
- تحتصف الطحالب الحمراء الراقية Florideae.

وتختلف أفراد تحت هذين الصفين بالخصائص الرئيسية التالية (جدول 4-2).

(جدول 4-2): أهم الفروق بين تحتصفي شعبة الطحالب الحمراء

تحتصف الطحالب الحمراء البدائية Protoflorideae	تحتصف الطحالب الحمراء الراقية Florideae
المبيض غير مزود بشعرة طويلة Trichogyne	المبيض مزود بشعرة Trichogyne
عدم وجود القرص الواصل Synaps بين خلايا المشرة	وجود القرص الواصل Synaps بين خلايا المشرة
تبدي حلقة حياة الفرد وجود جيلين	تبدي حلقة حياة الفرد وجود ثلاثة أجيال متماثلة أو مختلفة الشكل حسب النوع

وسوف ندرس ممثلاً عن كل من هذين التحتصفين.

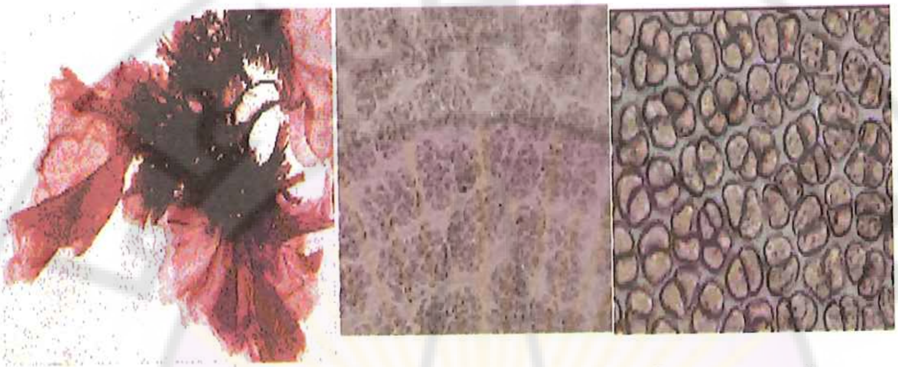
جنس *Porphyra*:

تحتصف الطحالب الحمراء البدائية Protoflorideae (Bangioideae)

رتبة Bangiales

فصيلة Bangiaceae

مشرات هذا الطحلب صفيحية حمراء (شكل 4-51) ذات بنية برنشيمية كاذبة وتبلغ ثخانة المشرة طبقةً واحدة من الخلايا, تحوي كل خلية صانعة نجمية.

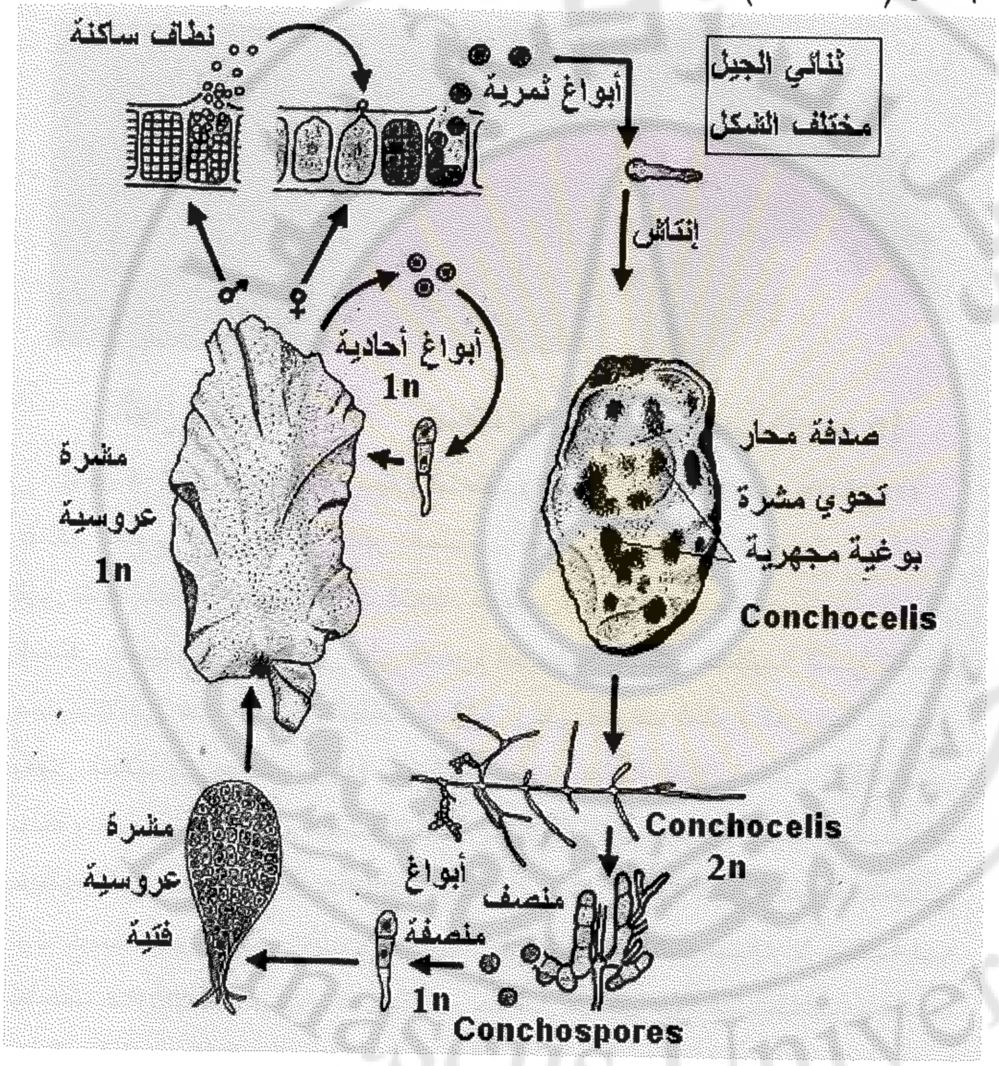


الأبواغ الثمرية 2n **المناطف 1n** **المشرة العروسية 1n**

(شكل 4-51): المشرة العروسية والمناطف والأبواغ الثمرية في جنس *Porphyra*

غلافها الخلوي غني بالبكتين وفقير بالسليلوز. أما أصبغة التركيب الضوئي ونواتجه فهي تشبه ماذكرناه بالنسبة لأفراد الشعبة. قد يكون هذا الطحلب أحادي أو ثنائي المسكن حسب الأنواع. يتمايز على المشرة العروسية بعض الخلايا التي تتقسم محتوياتها إلى عدد كبير من النطاف الساكنة. وعلى أطراف المشرة العروسية تتحول بعض الخلايا إلى مبايض مزودة باستطالة صغيرة منقارية الشكل. يحدث الإلقاح بين نطفة وخلية بيضية وتنقسم البيضة الملقحة Zygote الناتجة عن الإلقاح انقسامات خيطية لتشكل أبواغاً ثمرية 2n Carpospores, تنتش البوغة الثمرية بدورها لتعطي نباتاً خيطياً مجهرياً يسمى *Conchocelis* 2n وكان يظن أنه نبات لا علاقة له بطحلب *Porphyra* ثم تبين أنه يشكل مرحلة من مراحل حياة هذا الطحلب, وغالباً ما يتشكل داخل صدفة المحار. تشكل المشرة البوغية المسماة *Conchocelis* أبواغاً

منصفة 1n Conchospores نتيجة انقسام منصف، تنتش بدورها لتعطي المشرة العروسية للبورفيرا 1n. أما المشرة العروسية ففي ظروف معينة يمكن أن تعطي أبواغاً أحادية 1n تنتش لتعطي مباشرة المشرة العروسية بطريقة لاجنسية. ويبدو أن الشروط البيئية السائدة لا سيما درجة الحرارة والإضاءة تؤدي دوراً في طريقة التكاثر. وهكذا فإن حلقة حياة طحلب *Porphyra* تبدي وجود جيلين غير متماثلين بالشكل (شكل 4-52).


نطاف ساكنة
أبواغ ثمرية
ثنائي الجيل
مختلف الشكل
إنتاش
♂
♀
أبواغ أحادية
1n
مشرة
عروسية
1n
صدفة محار
تحوي مشرة
بوغية مجهرية
Conchocelis
Conchocelis
2n
أبواغ
منصف
منصفة
1n
مشرة
عروسية
فتية
Conchospores

(شكل 4-52): التكاثر ودورة الحياة في جنس **_Porphyra_**

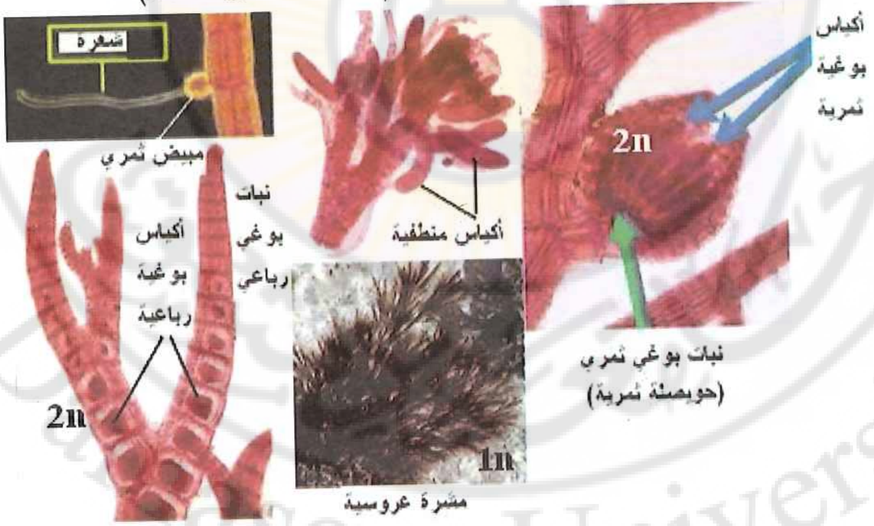
جنس *Polysiphonia*:

تحتصف الطحالب الحمراء الراقية Florideae

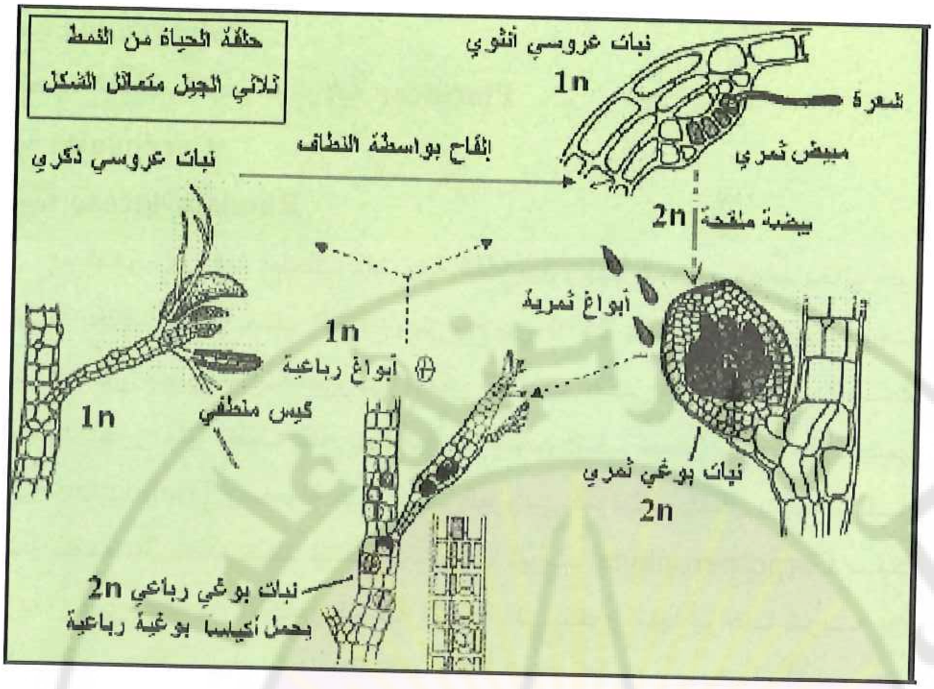
رتبة Ceramiales

فصيلة Rhodomylaceae

المشرة في هذا الطحلب ذات بنية كلادومية وحيدة المحور, تحاط بخلايا حول محورية يختلف عددها حسب الأنواع ويتراوح بين 4-24 خلية حول محورية وهو ثنائي المسكن. يحمل النبات العروسي المذكر المناطف على فروع جانبية بشكل تجمعات يتحرر منها نطاف تلقح نواة البيضة الموجودة في مبيض ثمري مزود بشعرة طويلة Trichogyne ومحمولة على النبات العروسي المؤنث. ويتشكل بنتيجة الإلقاح بيضة ملقحة 2n تنقسم خيطياً لتشكل نباتاً بوغياً ثمرياً Carposporophyte بشكل القربة، يحوي عدداً من الأكياس البوغية الثمرية التي يتحرر منها أبواغاً ثمرية 2n، تنتش لتعطي نباتاً بوغياً رباعياً 2n يشبه شكلياً النبات العروسي، ويحمل أكياساً بوغية رباعية 2n تتمايز من الخلايا حول المحورية, لا تلبث أن تتعرض لانقسام منصف يؤدي إلى تشكيل أبواغ رباعية 1n, تنتش لتعطي نباتات عروسية من جديد. فحلقة الحياة إذن من النمط ثلاثي الجيل متماثل الشكل (شكل 4-53 و 4-54).


شعرة
مبيض ثمري
نبات بوغي رباعي
أكياس بوغية رباعية
2n
أكياس منطفية
1n
مشرة عروسية
أكياس بوغية ثمرية
2n
نبات بوغي ثمري (حويصلة ثمرية)

(شكل 4-53): شكل وبنية الأجيال الثلاثة في جنس *Polysiphonia*


حلقة الحياة من النمط
ثلاثي الجيل متماثل الشكل
نبات عروسي أنثوي
1n
شعرة
إلقاح بواسطة النطاف
نبات عروسي ذكري
مبيض ثمري
2n
بيضة ملقحة
أبواغ ثمرية
1n
أبواغ رباعية
1n
كيس منطفي
نبات بوغي ثمري
2n
نبات بوغي رباعي 2n
يحمل أكياسا بوغية رباعية

(شكل4-54): التكاثر وحلقة الحياة في جنس ***Polysiphonia***

الفصل الخامس

التكاثر في الفطريات

5-1 أهمية الفطريات

5-2 تصنيف الفطريات

5-3 الخصائص الشكلية والحياتية للفطريات

5-4 أنماط التغذية الفطرية

5-5 طرائق التكاثر في الفطريات

5-6 الأشكال غير التامة Anamorphs والأشكال التامة Teleomorphs

5-7 دراسة أمثلة من المجموعات التصنيفية المختلفة للفطريات

الفصل الخامس

التكاثر في الفطريات

5-1 أهمية الفطريات:

تشكل الفطريات مجموعة مهمة من المتعضيات التي أخذت أهميتها الفعلية بالنسبة للإنسان خلال القرن الماضي، رغم أن التعامل معها قد بدأ منذ آلاف السنين دون الشعور الحقيقي بوجودها. فهي تفيد الإنسان في الكثير من الأمور ويضر الكثير منها بمصالحه من جهة أخرى.

فالفطريات مهمة لأنها تفكك المواد العضوية في التربة وتدخل في حلقة عنصري الكربون والآزوت وعناصر مغذية أخرى في المحيط الحيوي فتزيد من خصوبة التربة. ويدخل الكثير منه في تعايشات مع الطحالب لتشكيل مايسمى بالأشنات Lichens، ويتعايش بعضها مع جذور النباتات ليشكل مانسميه بالفطريات الجذرية Mycorrhizas التي لها دور كبير في تحسين تغذية تلك النباتات. ولكن يسبب بعض الفطريات الأخرى الأمراض للإنسان، الحيوان والنبات، ليس فقط عن طريق المهاجمة المباشرة لهذه الأحياء مسببة لها أمراضاً جلدية وجهازية فحسب، بل عن طريق السموم الفطرية التي تفرزها مثل فطر *Amanita muscaria* و فطر *Aspergillus flavus* وغيرها.

وتتمثل أضرار بعض الفطريات الأخرى في إفساد حاجيات الإنسان كالأخشاب والدهان والورق والجلود والأغذية (شكل5-1).

ثمرة برتقال متعفنة

ثمار فريز متعفنة

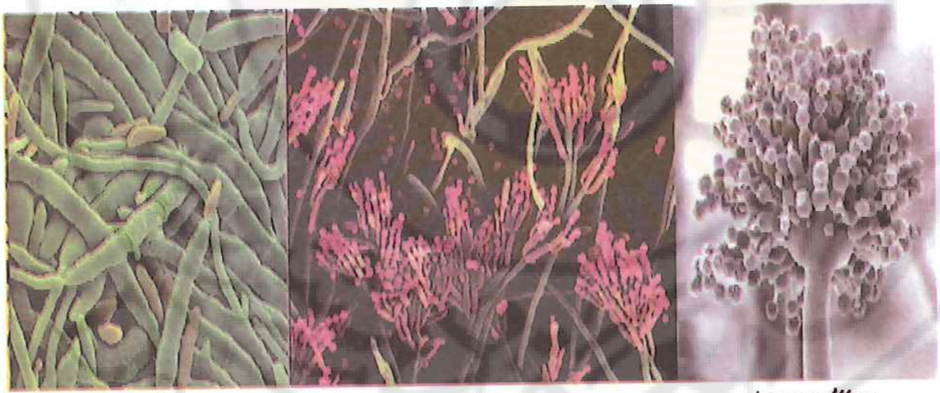
(شكل 5-1): فساد ثمار الفواكه بأنواع مختلفة من الفطريات

ومن جهة أخرى, تمتلك بعض الأنواع الفطرية الأخرى قدرة كبيرة على اصطناع وتركيب مركبات مختلفة مهمة في الغذاء, كصناعة المعجنات حيث تستخدم خميرة الخبز *Saccharomyces cerevisiae* (شكل 5-2).

(شكل5-2): خميرة الخبز Saccharomyces cerevisiae

ويستخدم فطر *Penicillium* في تحضير بعض أنواع الجبن (شكل5-3)، وفي صناعة الأدوية كإنتاج الصادات الحيوية، وعقاقير طبية أخرى. وتستخدم فطريات أخرى في الصناعات الكيميائية كإنتاج حمض الليمون والكحول. وفي إنتاج البروتين (شكل 5-4) والبروتين وحيد الخلية Single Cell Protein، والجدول التالي (5-1) يظهر المحتوى البروتيني لبعض المصادر الغذائية بالمقارنة مع البروتين الذي تنتجه خميرة *Candida tropicales* المنماة على مصادر رخيصة من الكربوهيدرات.

(شكل 5-3): استخدام فطر *Penicillium roqueforti* في صناعة الجبن



Fusarium **Penicillium** **Aspergillus**

(شكل5-4): ثلاثة أجناس من الفطريات التي يمكن استخدام بعض أنواعها في التغذية

(جدول5-1): المحتوى البروتيني لبعض المصادر الغذائية بالمقارنة مع البروتين الذي تنتجه خميرة *Candida tropicales*

القمح	اللحم	حليب البقر	خميرة *Candida tropicales*	المصدر الغذائي
13.2	59.4	33.1	44.4	المحتوى البروتيني (على أساس الوزن الجاف)

كما تستخدم بعض الفطريات في إنتاج الدهون والحموض العضوية والأنزيمات. وقد أمكن التوجيه الإيجابي لمقدرة هذه الفطريات وغيرها من الأحياء الدقيقة التي تقوم بمثل هذا الدور من خلال فهم أفضل لفيزيولوجيا هذه المجموعة وحلقات حياة Life cycles أفرادها. ويجب أن لا نهمل دورها المهم في فهم قسم كبير من قوانين الوراثة العامة في تجارب أجريت على فطريات الجنس *Neurospora*, ودورها في فهم عملية التنفس من خلال التجارب التي أجريت على الخمائر Yeasts، وقد استعملت الفطريات أيضاً في إجراء الأبحاث المطبقة على أمراض الرز نتيجة الإصابة بفطر *Gibberella*، وفوق ذلك تم الكشف عن مجموعة من هرمونات النمو التي يفرزها هذا الفطر وتدعى الجبريلينات Gibberellins.

5-2 تصنيف الفطريات:

لقد اختلف العلماء كثيراً عبر التاريخ في تحديد هوية الفطريات ومكانها التصنيفي. وقد اعتمد الباحثون الأوائل أمثال Linnaeus (1753), Persoon (1801), Fries(1823),Vuillemin (1925), Saccardo (1931) في تصانيفهم على ملاحظات بسيطة بالعين المجردة أو بالمجهر الضوئي تستند إلى خصائص شكلية عامة تتعلق بمظهر الفطر وطريقة تطوره. لذلك تغيرت التصانيف كثيراً, ووضعت الفطريات أولاً ضمن مملكة النباتات Plant Kingdom . وبعد أن كان عدد الأجناس الفطرية المصنفة 10 أجناس والأنواع 100نوع خلال فترة Linnaeus (1753),

نرى اليوم أن نحو 80000 و 120000 نوع فطري تم تصنيفها, ويوجد نحو 1500000 نوع مازال الكثير منها يحتاج للوصف والتحديد. وقد اعتمد بعض الباحثين في تصنيفهم على الوسط الذي ينمو فيه الفطر أو على لون الفطر وشكله وطريقة إنتاجه للأبواغ.

لقد تغير تصنيف الفطريات مرات ومرات اعتباراً من منتصف القرن الثامن عشر حيث كانت تصنف الأحياء ضمن مملكتين: مملكة النبات Plantae التي تضم النباتات بما فيها الفطريات والجراثيم, ومملكة الحيوانات Animalia التي تضم الحيوانات بما فيها الحيوانات الأوالي Protozoa . هذا النظام الذي قدمه Carolus Linnaeus والذي أظهر الكثير من الصعوبات تتعلق بالمكان التصنيفي للفطريات, البروتستا Protists وبدائيات النوى Prokaryotes. فضلاً عن الموضع الصحيح للمتعضيات وحيدة الخلية كالأوغلينا التي تستطيع القيام بالتركيب الضوئي واستخدام مواد عضوية في تغذيتها. وصولاً إلى نظام الممالك الخمس الذي قدمه الباحث الأمريكي Robert H.Whittaker عام 1969 والذي وضع فيه الفطريات ضمن مملكة مستقلة.

تتميز الفطريات عن الأحياء الأخرى كالنباتات والحيوانات بطريقة حصولها على غذائها فهي لا تحوي اليخضور Chlorophyll؛ وبالتالي فهي غيرية التغذية Heterotrophic غير قادرة على صنع غذائها بنفسها كما هي حال النباتات. ورغم أن التركيب الكيميائي للجدار الخلوي عند الفطريات والذي يتكون بشكل رئيسي من الكيتين, يقربها من الحيوانات, إلا أن هذه الأخيرة تهضم غذاءها داخلياً في حين تقوم الفطريات بهضم غذائها خارجياً عن طريق إفراز أنزيمات محللة تفكك المواد المعقدة إلى مواد بسيطة، وبعدها تمتص الفطريات هذه المواد البسيطة وتستفيد منها. إن طريقة التغذية والامتصاص عند هذه الأحياء هي التي دفعت وايتاكير Whittaker (1969) والباحثين بعده لوضع الفطريات في مملكة مستقلة. ناهيك عن الانقسام الخيطي الفريد من نوعه لدى الفطريات, فالغشاء النووي خلال مراحل الانقسام الخيطي لا يختفي عند الفطريات, ويحدث الانقسام الخيطي داخل النواة، ولذلك تتشكل خيوط المغزل داخل النواة, ولا تحتوي الفطريات على مريكزات Centrioles إنما

يستعاض عنها بصفائح مغزلية Spindle plaques تنظم تشكل النبيبات الدقيقة خلال الانقسام الخيطي. ومن الصفات المميزة للفطريات إمكانية احتواء الخلية فيها على نواة, نواتين أو أكثر بكثير, وهذا لا نراه عند النباتات ولا الحيوانات.

تشير الدراسات الحديثة المبنية على دراسات جزيئية متعلقة بالتتالي النكليوتيدي للحموض النووية إلى أن الفطريات تضم خمس شعب (جدول 5-2), وهي شعبة الفطريات الكيتريدية، والازدواجية، والغلوميرية, والزقية والدعامية. إلا أن بعض الباحثين لا يضمنون في تصنيفهم الفطريات الغلوميرية لأنهم يعتبرونها تنتمي إلى الفطريات الازدواجية. أما الفطريات الناقصة والتي يعتبرها بعضهم شعبة من شعب الفطريات, يرى بعضهم الآخر ربطها بالفطريات الزقية لاسيما وأن أفرادها تمثل المرحلة غير التامة (اللاجنسية) للكثير من الفطريات الزقية.

وقد رأى بعضهم وضع الفطريات المشكلة للفطريات الجذرية الداخلية الحويصلية الشجيرية في شعبة جديدة مستقلة هي Glomeromycota بعد أن كانت متمثلة بفصيلة لدى الفطريات الازدواجية.

المشكلة الأخرى التي لم تؤخذ بالحسبان في تصنيف بعض الباحثين تتمثل بالأشنات التي هي جملة حيوية لا تصنيفية باعتبار أنها تعايش بين فطر وطحلب. ويرى عدد من الباحثين تصنيف الأشنات ضمن التصانيف الفطرية اعتماداً على الشريك الفطري ووضعها بشكل أدق مع الزقيات باعتبار أن غالبية الفطريات المتورطة هنا في هذا التعايش تنتمي إلى الفطريات الزقية.

أما الفطريات البيضية Oomycota والمخاطية Myxomycota اللتان اعتبرتا فطريات لفترة طويلة بسبب نمطها التغذوي وأشكال نموها، كالعفنيات الأخرى, فيرى بعض الباحثين وضع البيضية ضمن مجموعة Straminipila والمخاطية ضمن الحيوانات الأوالي, واعتبارهما فطريات كاذبة Pseudofungi, وسوف نعالجهما في كتابنا هذا ضمن مملكة البروتستا، أما الفطريات الحقيقية فسوف نعالجها ضمن مملكة مستقلة هي مملكة الفطريات.

تشمل الفطريات الحقيقية The true fungi كل من الفطريات الكيتريدية Chytridiomycota التي تتميز بأبواغها وأعراسها السابحة من خلال سوط وحيد خلفي, ويتمثل جسمها الإعاشي بخلية كروية أو بيضوية كبيرة ذات بنية أنبوبية تحوي عدداً من النوى و يخرج منها خيوط امتصاص تنمو داخل الوسط المغذي. وينحدر من هذه المجموعة الفطريات الازدواجية Zygomycota التي تتميز بجسم إعاشي يتمثل بخيوط فطرية أنبوبية Coenocytic ولا تحوي أي شكل من أشكال الخلايا السابحة. وربما ينحدر منها الفطريات الغلوميرية Glomeromycota التي يساهم أفرادها في تشكيل الفطريات الجذرية الداخلية الحويصلية الشجيرية VAM.

وينحدر منها أيضاً الفطريات الراقية التي تجمع حالياً في تحت مملكة تسمى الفطريات الديكاريونية Dikarya (Dikaryomycota) ذات الخيوط الفطرية الحاجزية والتي تحوي الخلية فيها عموماً على نواتين أحاديتي الصيغة الصبغية Two haploid nuclei (n+n) . وتضم هذه المجموعة الأخيرة شعبة الفطريات الزقية Ascomycota وشعبة الفطريات الدعامية Basidiomycota، وينتمي إليهما معظم الفطريات المسببة للأمراض عند الإنسان (جدول 5-2).

(جدول 5-2): الشعب المختلفة التي تنتمي إلى الفطريات الحقيقية

الفطريات			الشعبة
عدد الأنواع	ميزات أساسية	أمثلة نموذجية	
1000	فطريات مائية مسوطة, تنتج أعراساً 1n, وأبواغاً سابحة 2n في التكاثر اللاجنسي.	*Allomyces*	Chytridiomycota
1050	خيوط غير حاجزية عديدة النوى, يقود انصهار الخيوط لتشكيل بوغة ازدواجية.	*Rbizopus,* *Pilobolus*	Zygomycota
150	تشكل فطريات جذرية شجيرية, خيوطها غير حاجزية, وتتكاثر لاجنسياً.	*Glomus*	Glomeromycota (يلحقها البعض بالفطريات الازدواجية)
45000	يقود التكاثر الجنسي لتشكيل أبواغ زقية داخل زقاق, وتتكاثر لاجنسياً بالأبواغ الكونيدية.	*Tuber* *Morchella*	Ascomycota
22000	يقود التكاثر الجنسي لتشكيل أبواغ دعامية تحمل على دعامات هراوية الشكل غالباً, ونادراً ما تتكاثر لاجنسياً بالأبواغ الكونيدية.	*Coprinus* *Lactarius*	Basidiomycota

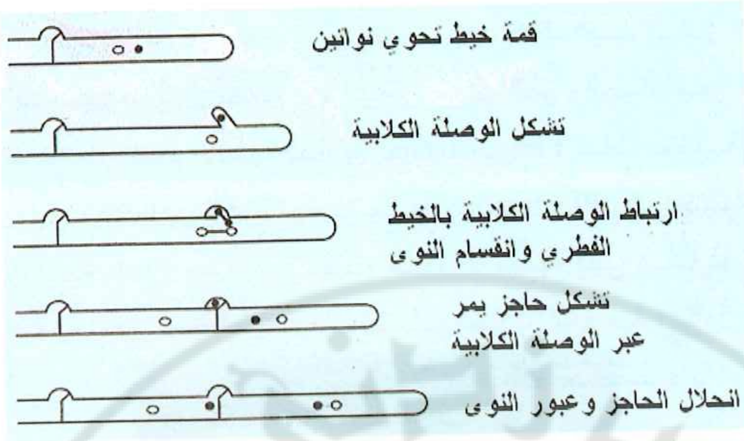
5-3 الخصائص الشكلية والحياتية للفطريات Morphological and Biological Characteristics of Fungi:

5-3-1 تعضي المشرة Organization of the Thallus:

تضم مملكة الفطريات تجمعات مختلفة من متعضيات تبرز اختلافاً واسعاً في نماذج بنيتها. ففي المجموعات البسيطة من الفطريات، تأخذ المشرة شكلاً أميبياً، أما في المجموعات الأخرى فتكون الخلايا محاطة بجدار خلوي يغزر فيه الكيتين ويندر فيه السليلوز. يتكون الشكل الإعاشي في الفطريات من خيوط بسيطة أو متفرعة، وتكون خيوط الفطريات البيضية Oomycota والازدواجية Zygomycota أنبوبية , وحاجزية لدى الفطريات الزقية Ascomycota والدعامية Basidiomycota وتكون عموماً متفرعة. وتحوي القطعة فيها على نواة أو أكثر, وعندما تكون النوى متماثلة نسمي ذلك متماثلة النوى Homokaryotic, أما عندما تحتوي المشيجة على نوى ذات أنماط وراثية مختلفة ناجمة عن اندماج خيوط فطرية مختلفة فنقول عنها بأنها متخالفة النوى Heterokaryotic. وقد يكون الفطر وحيد خلية كما هي حال الخمائر.

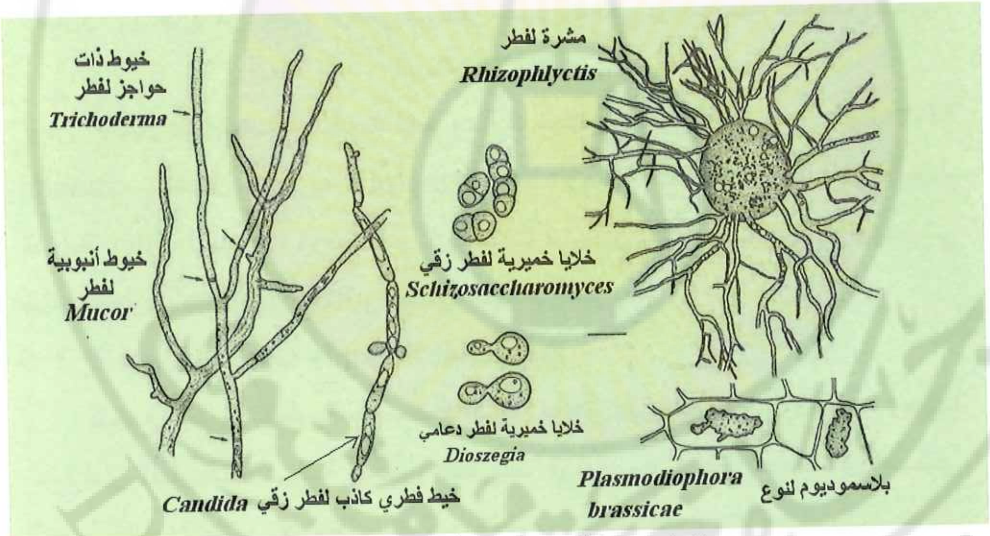
لقد أوضحت الدراسات إمكانية حركة النوى ومكونات الخيوط الفطرية الأخرى بحرية ضمن ظروف معينة مطبقة, كذلك فإن عدد النوى في القطعة الفطرية يكون متغيراً. ففي بعض الفطريات, يقتصر العدد على نواة واحدة في القطعة, ولكن قد يتغير العدد ليصبح مئة نواة وربما أكثر في بعض الفطريات, ويقل العدد كلما ابتعدنا عن القمة ليصل إلى نواة واحدة في القطعة في المناطق البعيدة عن القمة. وفي المشيجة الديكاريونية لدى الفطريات الدعامية, يقتصر العدد على نواتين في كل قطعة. ويترافق هذا غالباً وليس دائما بتشكيل فروع خاصة تتمثل بوصلات كلابية Clamps connections, تتشكل بمشاركة الحواجز في تلك الخيوط (شكل 5-5).

لا تنمو جميع الفطريات بشكل خيوط إنما ينمو بعضها بشكل خلايا خميرية تنقسم بالانشطار أحياناً, وبالتبرعم في أغلب الحالات, وخاصة في الحالات التي لا يكون هناك ضرورة لتغلغلها داخل الوسط المغذي, إنما يقتصر نموها على سطح الوسط كسطوح النباتات والحيوانات. تكون بعض الأنواع الفطرية, بما فيها الممرض للإنسان


قمة خيط تحوي نواتين
تشكل الوصلة الكلابية
ارتباط الوصلة الكلابية بالخيط الفطري وانقسام النوى
تشكل حاجز يمر عبر الوصلة الكلابية
انحلال الحاجز وعبور النوى

(شكل 5-5): آلية تشكل الوصلة الكلابية Clamp connection لدى غالبية الفطريات الدعامية

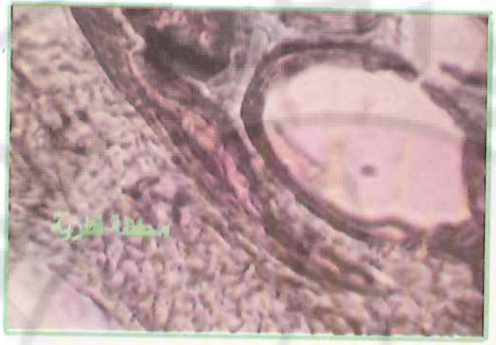
والحيوان, ثنائية الشكل Dimorphic تستطيع التحول بين شكلين: خيطي وخميري, إضافة لأشكال وسطية بين الشكلين تسمى خيطية كاذبة Pseudohyphae (شكل 5-6).


خيوط ذات حواجز لفطر *Trichoderma*
خيوط أنبوبية لفطر *Mucor*
خيط فطري كاذب لفطر زقي *Candida*
مشرة لفطر *Rhizophlyctis*
خلايا خميرية لفطر زقي *Schizosaccharomyces*
خلايا خميرية لفطر دعامي *Dioszegia*
بلاسموديوم لنوع *Plasmodiophora brassicae*

(شكل5-6) أشكال مختلفة للنمو لدى الفطريات

وتتميز الخيوط الفطرية الإعاشية بميزتين أساسيتين تتمثلان بنموها القمي وفي إنتاجها لأنزيمات مفككة.

وتستطيع الفطريات أن تشكل معقدات, من البنيات عديدة الخلايا, تشبه الأنسجة الملاحظة لدى حقيقيات نوى أخرى, وهذا يتعلق بمعدل النمو واتجاه نمو الخيوط الفطرية وتفرعاتها. وتضم الأنسجة الفطرية Fungal tissue أنماطاً مختلفة، تتمثل بالبروزنشيما Prosenchyma والبليكتنشيما Plectenchyma والبرنشيم الكاذب Pseudoparenchyma, ويمكن ملاحظة هذه الأنسجة في السردة Stroma والأجسام القاسية, وفي المحفظة الفطرية للفطريات الجذرية الخارجية (شكل5-7).

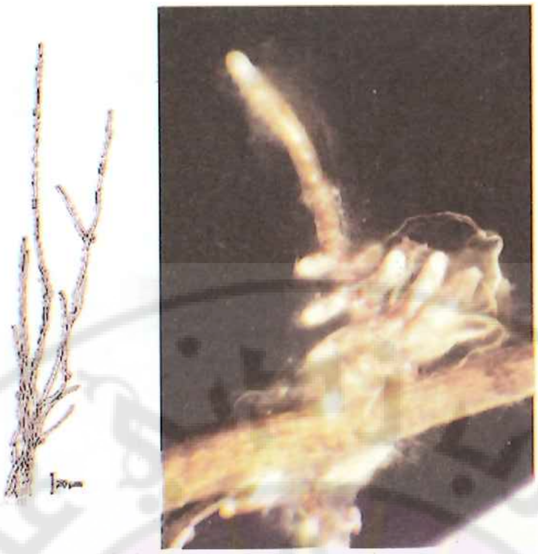


(شكل5-7): جزء من مقطع عرضي في فطر جذري خارجي يوضح بنية المحفظة الفطرية البرنشيمية الكاذبة

ومن الأمثلة على تجمع الخيوط الفطرية ما نجده في الحبال المشيجية Mycelial strands , الأشكال الجذيرية Rhizomorphs, الأجسام القاسية Sclerotia والأجسام الثمرية Fruit bodies. وربما تقوم البروتينات في جدر خلايا الخيوط بدورٍ مهمٍ في ظاهرة تعارف Recognition والتصاق الخيوط الفطرية.

5-3-2 الحبال المشيجية Mycelial Strands:

تتجمع الخيوط الفطرية مع بعضها بشكل متوازٍ دون أن تبدي أي تمايز، وهذا شائع لدى الفطريات الدعامية وبعض الفطريات الزقية. وقد لوحظ ذلك لدى انتشار الخيوط الفطرية من وسط مغذٍ مستنزف باتجاه وسط مغذٍ فقير، وتلاحظ مثل هذه الحبال المشيجية بشكل شائع لدى الفطريات الجذرية الخارجية Ectomycorrhizas (شكل5-8) مما يظهر أهميتها في تفكيك المواد العضوية الموجودة في التربة ونقل الماء والمغذيات.



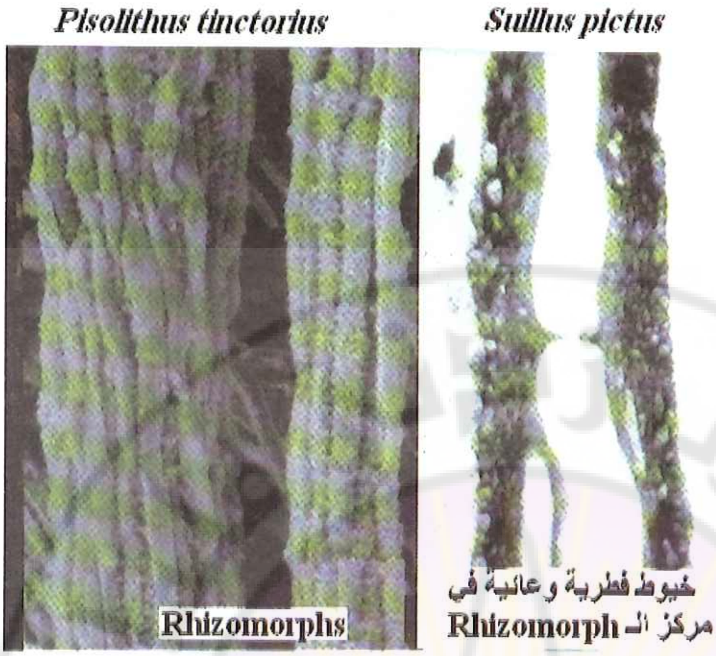
حبل مشيجي لدى فطر جذري خارجي

قمة حبل مشيجي لدى أحد الفطريات الدعامية

(شكل5-8) الحبال الفطرية لدى الفطريات

5-3-3 الأشكال الجذيرية Rhizomorphs:

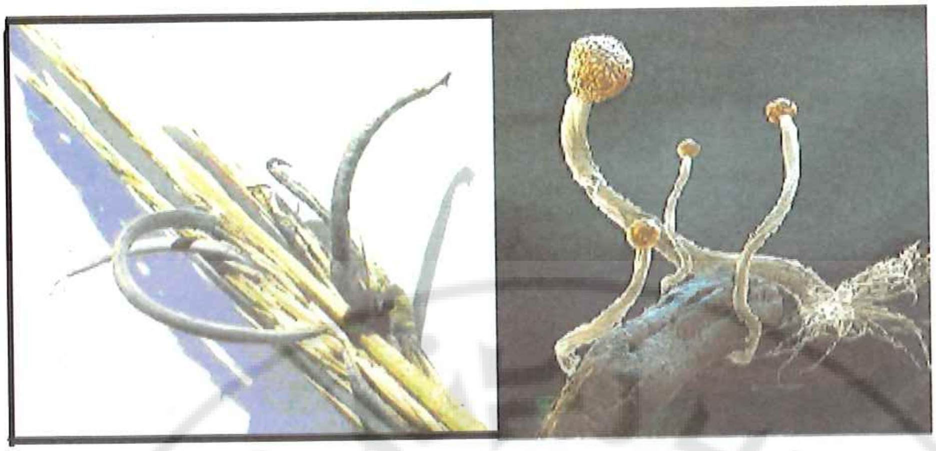
بعكس ما ذكرناه عن الحبال المشيجية فإن الأشكال الجذيرية تتشكل لدى بعض الأنواع الفطرية, وتتكون من تجمع خيوط فطرية تبدي تمايزاً كبيراً واضحاً في نسجها. ومثالها الواضح لدى فطر *Armillaria* حيث نلاحظ فيها جزءاً خلوياً مركزياً واسعاً ذا جدر رقيقة محاطاً بحلقة من خلايا ثخينة الجدران عاتمة اللون بسبب غناها بأصبغة الميلانين Melanin في جدرها, وتسهل هذه البنية امتداد الفطر وانتشاره في التربة من قاعدة شجرةٍ لقاعدة شجرةٍ أخرى ويمكن أن يصل قطر هذه البنيات إلى 4 ملم. وتشير الدراسات إلى أن Rhizomorph بقطر 1 مم يمكن أن تحوي أكثر من 1000 خيط فطري متجمع, ويكون نموها أسرع بعدة مرات من الخيوط الفطرية المنفردة. إن اتساع الجزء المركزي في Rhizomorph والذي يصل إلى 4 مرات أكبر من الجزء المحيطي دفع بعضهم لتسميته بالخيوط الوعائية أو الناقلة Vessel hyphae (شكل5-9) نظراً لأهميتها في نقل الماء والمغذيات, ويتضح هذا الدور بشكل كبير لدى الفطريات الجذرية الخارجية.


Pisolithus tinctorius
Suillus pictus
Rhizomorphs
خيوط فطرية وعائية في
مركز الـ Rhizomorph

(شكل5-9): مظهر خارجي ومقطع طولي في الأشكال الجذرية **Rhizomorphs**
يظهر الخيوط الفطرية المركزية الضخمة

5-3-4 الأجسام القاسية Sclerotia:

وهي عبارة عن تجمع خيوط فطرية ذات بنية برنشيمية كاذبة منطمرة ضمن سردةٍ من الغلوكان, وتتشكل في الظروف غير الملائمة لحفظ الفرد وبقائه على قيد الحياة, حيث تختزن مدخرات مهمة مثل البولي فوسفات, الغليكوجين, البروتينات والليبيدات, ويُستخدم مخزون السكريات في أثناء إنتاش الجسم القاسي. وتُعتبر هذه الأجسام القاسية وسيلة من وسائل تكاثر الفطر حتى أنها الشكل الوحيد لتكاثر بعض الأنواع الفطرية المنتمية للفطريات الدعامية والزقية, خاصة الممرضة للنباتات مثل *Claviceps purpurea* ,*Rhizoctonia* spp. (شكل5-10).



جسم قاسي منتش   أجسام قاسية

(شكل5-10): الأجسام القاسية لفطر ***Claviceps purpurea***

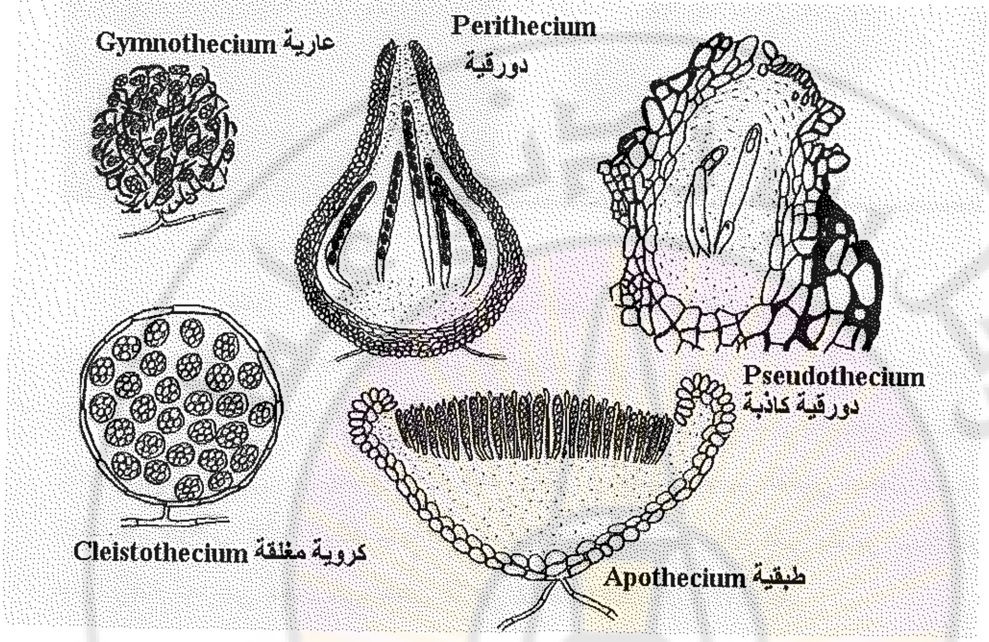
وتختلف أشكالها وحجومها حسب الأنواع, حيث يمكن أن يصل حجمها إلى حجم كرة القدم في فطر *Polyporus mylittae*، ولكنها تكون مجهرية لدى بعض الأنواع الأخرى حيث تتكون من بضع خلايا فقط. يمكن أن ينتش الجسم القاسي ليحمل عدداً كبيراً من حوامل الأبواغ الكونيدية, أو ليشكل عدداً من السردات التي يتمايز بداخلها ثماراً زقية كما هي الحال في الفطر الزقي *Claviceps purpurea*.

5-3-5 الأجسام الثمرية Fruit Bodies:

قد تتجمع الخيوط الفطرية في الفطريات الراقية بشكل منتظم لتشكل ثماراً زقية Ascoma = Ascocarps لدى الفطريات الزقية, وثماراً دعامية Basidiocarps = Basidiomata لدى الفطريات الدعامية, تفيد في تصنيف الأنواع وتنتج أبواغاً جنسية.

ففي الفطريات الزقية، تتوضع الأبواغ الجنسية التي تسمى بالأبواغ الزقية Ascospores ضمن زقاق Asci ومفردها Ascus وهي كلمة لاتينية تعني كيس أو أنبوب. وقد تترتب هذه الزقاق ضمن نسيج فطري يختلف في تنظيمه حسب الأنواع وبالتالي نكون أمام ثمار زقية مختلفة الأشكال، فقد تكون كاملة الإغلاق وتسمى ثمرة زقية كروية مغلقة Cleistothecium، وقد تكون مفتوحة بشكل الطبق وتسمى

طبقيةApothecium, وقد تكون ذات فتحة Ostile قمية لخروج الأبواغ الزقية وتسمى دورقية Perithecium أو دورقية كاذبة Pseudothecia وفقاً لطريقة تشكلها وتطورها، أو عارية Gymnothecium مكونة من خيوط فطرية متفرعة لا تشكل طبقة كاملة الإغلاق حول الزقاق كما في جنس *Gymnoascus* (شكل5-11).



Gymnothecium عارية
Perithecium
دورقية
Pseudothecium
دورقية كاذبة
Cleistothecium كروية مغلقة
Apothecium طبقية

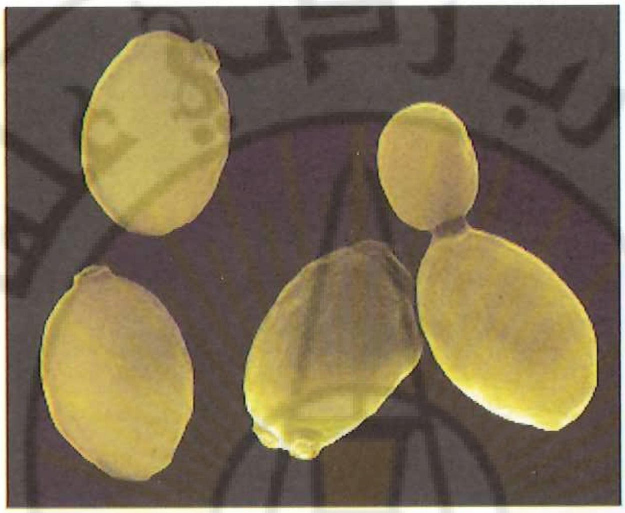
(شكل5-11): نماذج مختلفة من الثمار الزقية

أما في الفطريات الدعامية Basidiomycota، فتسمى الأبواغ الجنسية بالأبواغ الدعامية Basidiospores والتي تتشكل على دعامات Basidia ومفردها Basidium. وقد تتجمع هذه الدعامات ضمن ثمار دعامية Basidiocarps متنوعة الأشكال. وسوف نتحدث عن ذلك بالتفصيل لاحقاً.

5-3-6 الخمائر Yeast:

هي فطريات وحيدة خلية ذات جدار خلوي ونواة واحدة في كل خلية. والخمائر ذات انتشار واسع في المجموعات الفطرية المختلفة لاسيما الزقية والدعامية رغم أن بعضهم يستخدم هذا المصطلح لدى الفطريات الزقية فقط. يعتبرالعديد من الفطريات المشيجية ثنائي الشكلية Dimorphic. فهي تملك القدرة خلال تاريخ حياتها أن تنمو

وتأخذ أحد الشكلين الخميري أو الخيطي, وفقاً للظروف البيئية المحيطة. ورغم وجود تنوع كبير في أشكال الخلايا الخميرية، إلا أننا نشير إلى نموذجين أساسيين تبعاً لطريقة انقسام الخلية. يتمثل النموذج الأكثر شيوعاً بالخمائر المتبرعمة Budding yeasts حيث يتم تكاثرها من خلال تشكل انتفاخ صغير (برعم) يبرز من جدار الخلية وينمو ليصل لحجم الخلية الأم الطبيعي (شكل 5-12). وفي منطقة البرزخ يتشكل جدار يفصل الخلية الأم عن الخلية البنت.



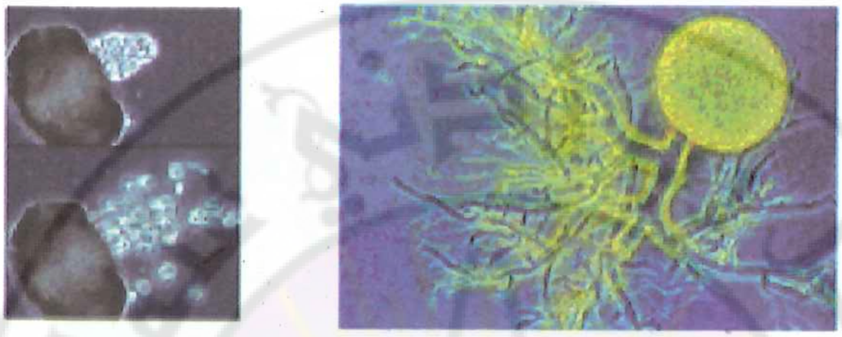
(شكل5-12): خلايا متبرعمة لدى فطر *Saccharomyces cerevisiae*

أما النموذج الآخر فيشاهد لدى الفطر الخميري الزقي *Schizosaccharomyces octosporus* وفي هذه الحالة لا يتشكل أي برعم, إنما تتطاول الخلية ثم يتشكل حاجزٌ فاصلٌ بالقرب من الوسط يفصل الخلية إلى خليتين بنتين ويسمى هذا بالانشطار Fission.

5-3-7 المشرات الكيتريدية Chytrid Thalli:

يوجد لدى مجموعة الفطريات السوطية Mastigomycota أشكالاً مشرية غير خيطية متنوعة ذات مظهر أنبوبي Coenocytic. أبسطها ما يلاحظ لدى مجموعة الكيتريديات الثمرية الكاملة Holocarpic chytrid حيث يتحول الجهاز الإعاشي برمته إلى بنية تكاثرية تتمثل بخلية حوصلية عديدة النوى دون وجود زوائد

أو فروع تمثل كيساً تكاثرياً (يحوي أبواغاً أو أعراساً). على حين أنه في مجموعة الكيتريديات الثمرية المقسمة أو الحقيقية Eucarpic chytrid فإن المشرة تتمايز إلى جزء إعاشي شبه جذيري يناط به جمع المواد الغذائية من الوسط، وجزء حوصلي بسيط أو متفرع تناط به عملية التكاثر (شكل 5-13).

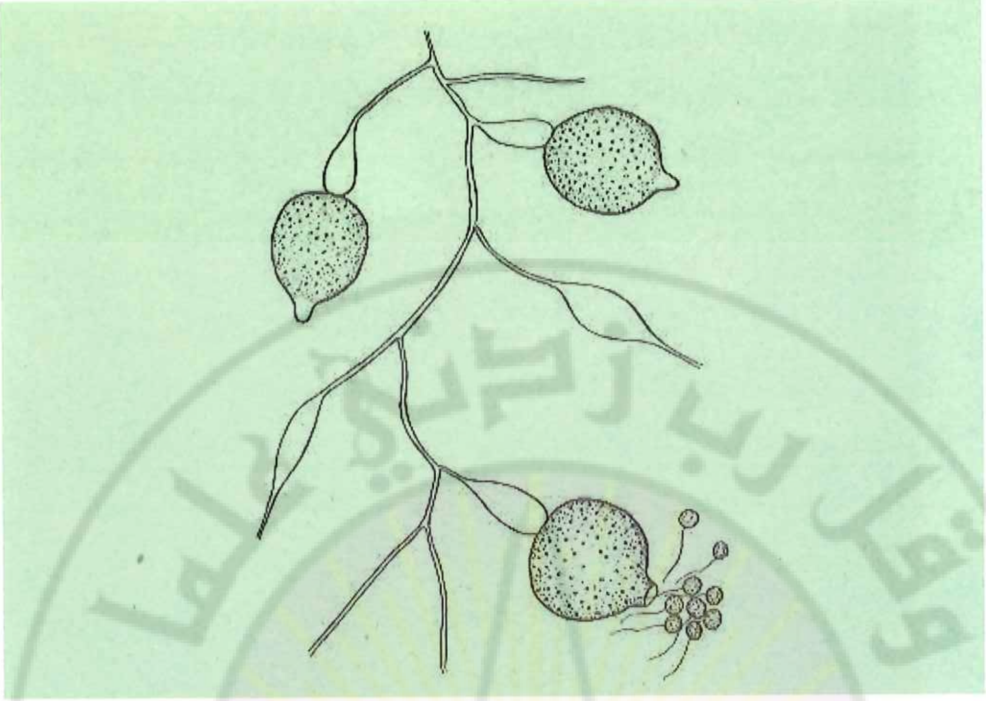


الكيتريديات الثمرية المقسمة أو الحقيقية
Eucarpic chytrid

الكيتريديات الثمرية الكاملة
Holocarpic chytrid

(شكل5-13): نمطان من أنماط المشرات لدى الفطريات الكيتريدية

كما تملك بعض الكيتريديات مشرات تشبه المشيجة الفطرية (مشيجة جذيرية Rhizomycelium) تكون شديدة النمو والانتشار وتتكون من سلسلة من المراكز متعددة النوى مرتبطة بما يشبه الجذيرات (شكل5-14).

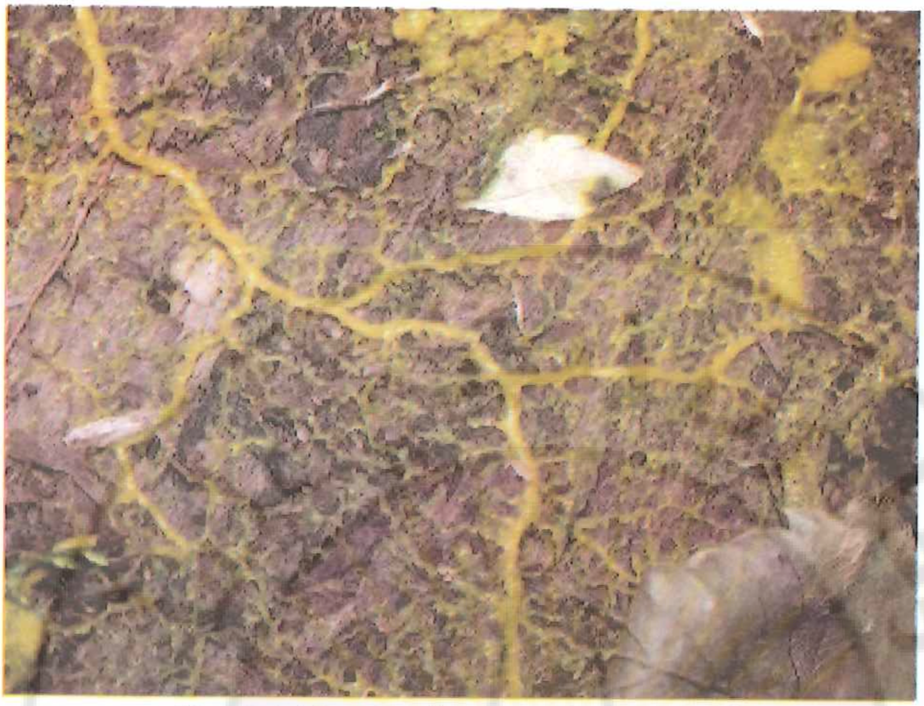


(شكل5-14): مشرة ثمرية حقيقية (مقسمة) متعددة المراكز لدى بعض الكيتريديات

ولكن يملك بعض الفطريات السوطية Mastigomycota مشيجة حقيقية أنبوبية أي دون حواجز Septa.

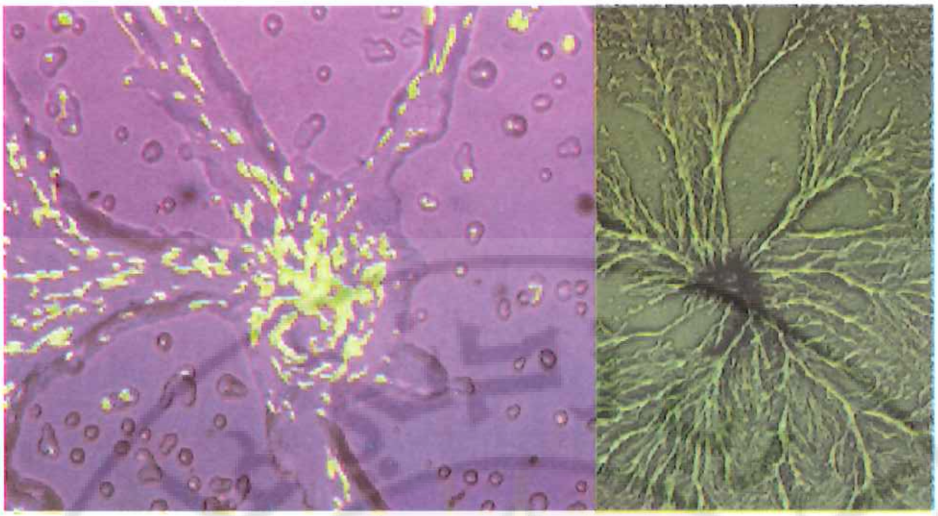
5-3-8 البلاسموديا Plasmodia:

البلاسموديا هي مشرات أميبية معراة لا تملك جدراً خلوية. وهي كاذبة أو حقيقية. وتلاحظ لدى الفطريات المخاطية. لدى أفراد صف الفطريات المخاطية Myxomycetes يمكن أن يصبح البلاسموديوم فيها ضخماً جداً، يشبه المشيجة (شكل 5-15) ويكون متعدد النوى ثنائي الصيغة الصبغية، وتنقسم النوى فيه بتواقت منتظم.



(شكل 5-15): البلاسموديوم في جنس *Hemitrichia*

ويمكن أن تندمج البلاسموديات مع بعضها حيث تتشابه في هذه النقطة مع المشيجة لتشكل مايسمى Heterocaryons، وتشترك بذلك المعلومات الوراثية داخل المشرة نفسها عبر شبكة تفاغمات Anastomosing network خيوطها البروتوبلاسمية وهنا نسمي البلاسموديوم بالحقيقي. أما البلاسموديوم الكاذب لدى أفراد صف Acrasiomycetes فينجم عن تجمع عدد من الأميبات تكون مفصولة في البداية ثم تتجمع لاحقاً في كتلة متعددة الخلايا وتتمايز لتصبح أشبه بمتعضية واحدة عديدة الخلايا (شكل 5- 16).



(شكل5-16): تجمع عدد من الأميبات المخاطية لتشكيل بلاسوديوم كاذب في فطر *Dictyostellium*

5-4 أنماط التغذية الفطرية **Fungal Nutrition modes**:

تبدي الفطريات وجود عدة أنماط تغذوية:

5-4-1 الفطريات الرمية **Saprophytic Fungi** :

تعتمد مجموعة الفطريات الرمية في الحصول على مصادر الطاقة من مواد عضوية غير حية, نباتية أو حيوانية, مما يؤدي إلى الإضرار بحاجيات الإنسان كالخشب والدهان والغذاء. ويندرج ضمن هذه المجموعة معظم فطريات التربة والدبال, حيث تفرز هذه الفطريات أنزيمات تفكك المواد العقدة وتحولها إلى مواد أبسط قادرة على امتصاصها والاستفادة منها، ولهذه المجموعة, بالإضافة لجراثيم التربة, دورٌ مهمٌ في دورات العناصر المختلفة في التربة, موفرة للنباتات ما تحتاجه من أملاح معدنية.

5-4-2 الفطريات المتطفلة **Parasitic Fungi**:

تملك مجموعة الفطريات المتطفلة الأنزيمات اللازمة للحصول على غذائها مباشرة من أجسام حية نباتية أو حيوانية مسببة لها أمراضاً مختلفة, وتدعى بالفطريات الممرضة Pathogens, نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر:

- فطر *Plasmodiophora brassicae*, الذي يصيب نباتات الفصيلة الملفوفية Brasicaceae كالزهرة (القرنبيط).
- فطر *Spongospora subterranea* الذي يصيب درنات البطاطا.
- فطر *Phytophtora infestans* الذي يصيب نباتات البطاطا مسبباً لها مرض اللفحة المتأخرة وقد سبب هذا الفطر مجاعة في إيرلندا عام 1845عندما قضى على هذا المحصول.
- فطريات أمراض البياض الزغبي Downy mildews على أوراق النباتات, مثل: جنس *Bremia* الذي يصيب الخس, وجنس *Peronospora* الذي يصيب نباتات السبانخ والتبغ وغيرها، وفطر *Plasmopara viticola* الذي يصيب أوراق الكرمة.
- فطريات أمراض البياض الدقيقي Powdery mildews على أوراق نباتات مختلفة، مثل: النوع *Erysiphe graminis* الذي يتطفل على نباتات المحاصيل كالقمح, وجنس *Uncinula* الذي يصيب الكرمة، وجنس *Microsphaera* الذي يصيب أشجار البلوط.
- فطريات أمراض الصدأ على أوراق نباتات مختلفة, مثل: فطر *Puccinia malvacearum* الذي يصيب أوراق الخبيزة, وفطر *Puccinia graminis* الذي يصيب نباتات القمح.
- فطريات أمراض التفحم على أوراق نباتات مختلفة, مثل: جنس *Ustilago* الذي يصيب نباتات الذرة.
- فطريات الأمراض الجلدية, مثل: فطريات *Trichophyton* و*Epidermophyton* و *Microsporum* التي تصيب الشعر والجلد والأظافر عند الإنسان.
- فطريات الجهاز الهضمي, مثل الجنس *Candida* الذي يصيب جهاز الهضم والأغشية المخاطية في الفم والمهبل.
- فطريات الجهاز التنفسي, مثل: بعض أنواع الجنس *Aspergillus* التي تسبب التهابات رئوية شديدة.

5-4-3 الفطريات التعايشية Symbiotic Fungi:

تمثل هذه المجموعة الأشنات Lichens والتي هي تعايش بين بعض الفطريات وبعض الطحالب, والفطريات الجذرية (الميكوريزا) Mycorrhizas والتي هي تعايش بين بعض الفطريات وجذور معظم النباتات، يتحقق من خلاله منفعة متبادلة لكلا الشريكين، وسوف نتحدث عنها لاحقاً بالتفصيل.

5-5 طرائق التكاثر في الفطريات:

Methods of Reproduction in Fungi

يمكن للفطريات أن تتكاثر بطريقة لاجنسية أو جنسية .

5-5-1 التكاثر اللاجنسي Asexual Reproduction:

يتم التكاثر اللاجنسي بطريقين أساسيين: التكاثر الإعاشي و التكاثر بتشكيل أبواغ لاجنسية.

5-5-1-1 التكاثر الإعاشي Vegitative Reproduction :

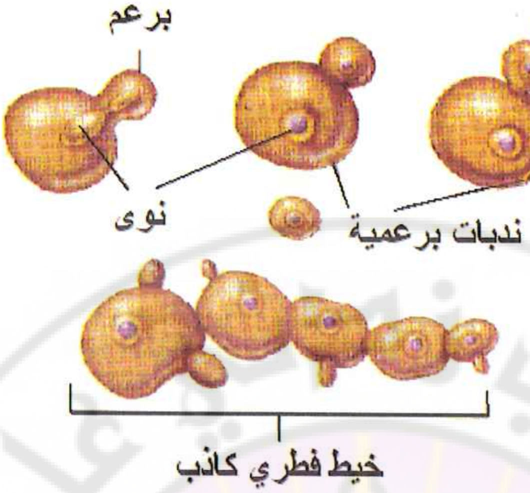
ويتم بعدة طرق وهي:

*** التكاثر بالتفتت Fragmentation:**

قد يتجزأ الخيط الفطري لسبب أو لآخر فيتقسم إلى عدة قطع, تستطيع كل قطعة, إذا توافر لها ظروف النمو الملائمة أن تعطي مشيجة فطرية Mycelium. وتستخدم هذه الطريقة في المختبرات للمحافظة على نمو المزارع الفطرية على أوساط صناعية لأغراض التدريس والبحث العلمي.

*** التكاثر بالبرعمة Budding:**

يلاحظ هذا النمط لدى بعض الفطريات مثل فطر الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* (شكل 5-18) حيث تأخذ خلايا الفطر شكلاً بيضوياً أو كروياً، وتتكاثر إعاشياً بالبرعمة, لاتلبث أن تنمو هذه البراعم وتنفصل. قد تبقى هذه البراعم في بعض الأنواع متصلة مع بعضها لتشكل خيطا فطرياً كاذباً Pseudohypha.

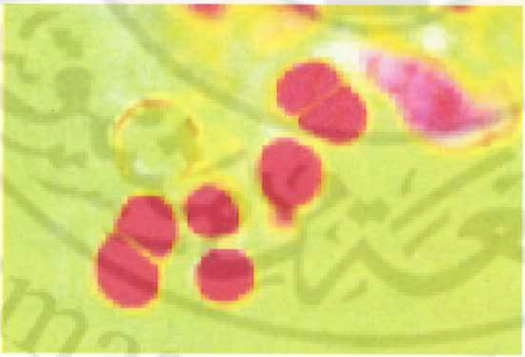


(شكل 5-17): التكاثر بالبرعمة **Budding**

وتكون بعض الأنواع القليلة الأخرى ثنائية الشكل Dimorphic, تأخذ الشكل الخميري أو الخيطي تبعاً لتغيرات درجة الحرارة أو تغيرات في شروط التغذية, وغالباً ما يكون الشكل الخميري ممرضاً للإنسان.

*** التكاثر بالانشطار Fission:**

يحدث في الفطريات وحيدة الخلية مثل فطر الخميرة *Schizosaccharomyces octosporus* (شكل 5-18) حيث تستطيل الخلية ثم تنقسم نواتها إلى نواتين ويتشكل حاجز في وسط الخلية يفصل الخلية إلى خليتين.



(شكل5-18): انشطار الخلايا الخميرية لدى فطر ***Schizosaccharomyces octosporus***

*** التكاثر بتشكيل أشكال جذرية Rhizomorphs:**

تتشكل الأشكال الجذرية لدى بعض الأنواع الفطرية, وتتكون من تجمع خيوط فطرية تبدي تمايزاً كبيراً و واضحاً في نسجها, وتكون مقاومة للظروف السيئة, ومصدر نموات جديدة لدى عودة الظروف الملائمة للنمو. ومثالها فطر *Armillaria*.

*** التكاثر بتشكيل أجسام قاسية Sclerotia:**

هي تجمع خيوط فطرية ممتلئة بالمواد الإدخارية, تتشكل في الظروف غير الملائمة للنمو، وهي قادرة على الإنتاش عند عودة الظروف المناسبة لتعطي خيوطاً فطرية جديدة, كما في فطر *Claviceps purpurea* وسنتحدث عنه لاحقاً بالتفصيل.

5-5-1-2 التكاثر بتشكيل أبواغ لاجنسية:

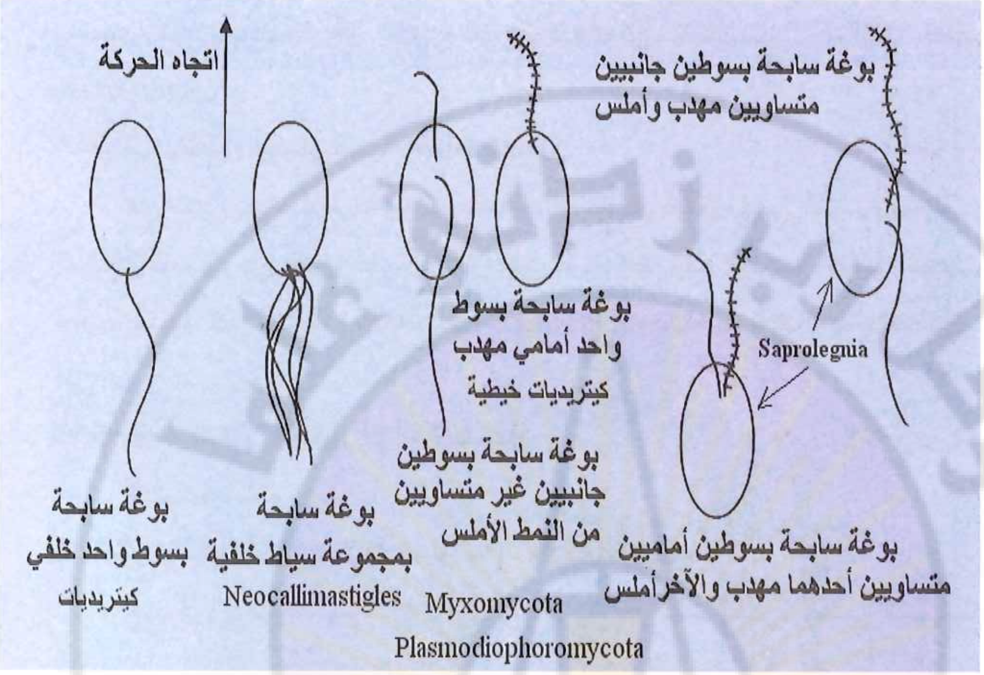
ويتم بعدة طرق وهي:

*** التكاثر بتشكيل أبواغ سابحة (حيوانية) Zoospores:**

هي أبواغ مزودة بسوط Flagellum أو أكثر ذات قدرة على التحسس والانجذاب الكيميائي Chemotactic باتجاه مواد كيميائية منبعثة في الوسط. وتتنوع طرق توضع السياط وعددها في البوغة ولذلك أهمية تصنيفية. وهنا نشير إلى أهمها (شكل 5-19):

- سوط واحد خلفي أملس لدى أبواغ الفطريات الكيتريدية Chytridiomycota.
- عدد كبير من السياط الخلفية الملساء يمكن أن يصل إلى 16 سوط في أبواغ أفراد رتبة Neocallimastigales.
- سوطان جانبيان غير متساويين في الطول Anisokont في أبواغ بعض الفطريات المخاطية العفنية Myxomycota والبلاسموديوفورية Plasmodiophoromycota التي تصنف حالياً مع الحيوانات الأوالي Protozoa.
- سوط واحد أمامي مهدب لدى أبواغ الكيتريديات الخيطيةHyphochytriomycota.

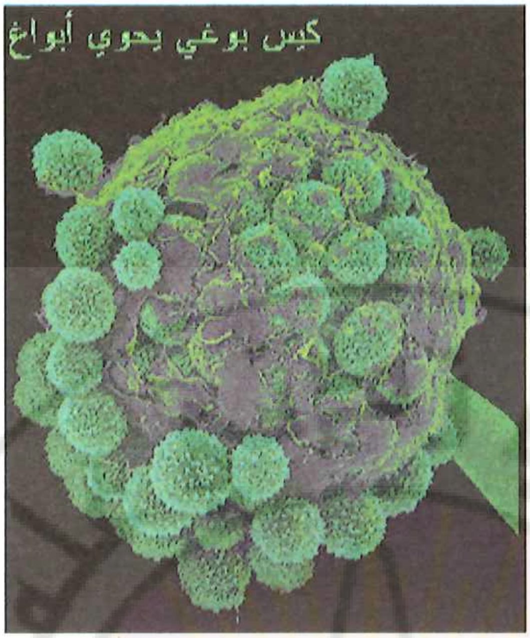
- سوطان أماميان متساويان في الطول أحدهما أملس والآخر مهدب Heterokont قد يكونان جانبيين أو في مقدمة البوغة كما في فطر *Saprolegnia* من الفطريات البيضية ولدى فطريات أخرى.


اتجاه الحركة
بوغة سابحة بسوطين جانبيين متساويين مهدب وأملس
بوغة سابحة بسوط واحد أمامي مهدب
كيتريديات خيطية
Saprolegnia
بوغة سابحة بسوطين جانبيين غير متساويين من النمط الأملس
بوغة سابحة بسوط واحد خلفي
كيتريديات
بوغة سابحة بمجموعة سياط خلفية
Neocallimastigles
Myxomycota
Plasmodiophoromycota
بوغة سابحة بسوطين أماميين متساويين أحدهما مهدب والآخرأملس

(شكل5-19): نماذج الأبواغ السابحة لدى الفطريات

*** التكاثر بتشكيل أبواغ داخل أكياس بوغية Sporangiospores:**

تشاهد لدى بعض أفراد الفطريات الازدواجية وخاصة لدى أفراد رتبة Mucorales وهي أبواغ لاجنسية تتشكل داخل كيس بوغي وتكون ساكنة Aplanospores غير مزودة بسياط, وقد تكون هذه الأبواغ وحيدة أو متعددة النوى ولكنها وحيدة الخلية وغالباً ذات جدار رقيق أملس، وتكون شفافة أو صفراء بسبب وجود الأصبغة الكاروتينية, تنتشر بالرياح, بالحشرات أو بالماء. ويختلف عدد الأبواغ داخل الكيس البوغي من بوغة واحدة حتى عدة آلاف بوغة (شكل 5-20).



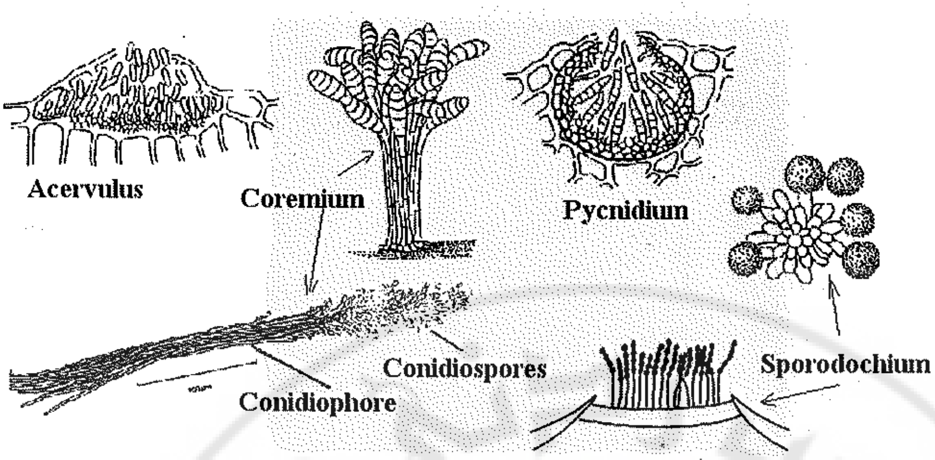
(شكل5-20): كيس بوغي لدى جنس *Mucor*

*** التكاثر بتشكيل أبواغ كونيدية (Conidiospores = Conidia):**

هي بنيات تنتج عن تكاثر لاجنسي. وهذا المصطلح مشتق من اليونانية للدلالة على حجم الأبواغ الصغير ومظهره كالغبار. تلاحظ الأبواغ الكونيدية لدى مجموعات فطرية عديدة وخاصة لدى الفطريات الزقية والدعامية. وقد استخدم مصطلح البوغة الكونيدية Conidium بطرق مختلفة, فمصطلح Oidia (أبواغ بيضوية) أو Arthroconidia يدل على الأبواغ الكونيدية المفصلية أي التي تتكون بشكل سلسلة وترتبط فيما بينها بشكل المفصل. وهي وسيلة انتشار جيدة للفطريات التي تشكلها. تتحرر الأبواغ الكونيدية عادةً بشكل هادئ ولكن هناك حالات قليلة تتحرر فيها بشكل قوي كما في فطر *Nigrospora*.

قد تتكون حوامل الأبواغ الكونيدية بشكل مفرد انطلاقاً من مشيجة الفطر, وقد تتجمع الحوامل بأشكال مختلفة مشكلة إثماراً كونيدياً ليأخذ أحد الأشكال الآتية:

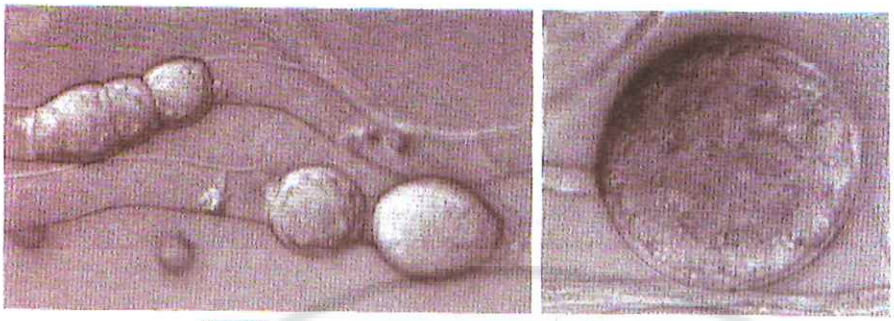
1- الوعاء البكنيدي Pycnidium 2- أسيرفيولة Acervulus 3- الوسادة بوغية Sporodochium 4- الكوريميا Coremia (شكل 5-21).



(شكل 5-21): أشكال الإثمار الكونيدي

*** التكاثر بتشكيل أبواغ مغطاة (كلاميدية) Chlamydospores:**

تتشكل لدى أفراد معظم مجموعات الفطريات المختلفة،مثل *Mucor*, *Fusarium* (شكل5-22) حيث يمكن لأجزاء من المشيجة الفطرية, نهائيةٍ أو بينية, أن تنفصل لتشكل ما يسمى بالبوغة المغطاة, التي تكون غنية بالمدخرات الدهنية وذات غلاف ثخين ملون أو عديم اللون. وهي أبواغ لاجنسية تشكل عناصر بقاء وقد تتشكل لدى بعض الأنواع الفطرية على حوامل, وقد تتشكل فرادى أو بشكل سلاسل أو ضمن ثمار بوغية Sporocarps كما في بعض أفراد رتبة Glomales المشكلة للفطريات الجذرية الداخلية الحويصلية الشجيرية Vesicular Arbuscular mycorhizas, ورغم بقائها في التربة إلا أن انتشارها ممكن بالرياح, بالماء أو بالحيوانات. وتتشكل الأبواغ المغطاة في الخيوط الكهلة بشكل مفرد أو بشكل سلاسل لدى بعض الفطريات المائية مثل فطر *Saprolegnia*. ويُستعمل مصطلح البوغة المغطاة أيضاً للدلالة على الأبواغ ثنائية النوى وذات الجدار الثخين المميز لفطريات التفحم Ustilaginales من الفطريات الدعامية.



بوغة مغطاة انتهائية لدى فطر *Pythium undulatum*

بوغة مغطاة بينية لدى فطر *Mucor plumbeus*.

(شكل5-22): الأبواغ المغطاة (الكلاميدية) لدى فطريات التربة

5-5-2 التكاثر الجنسي **Sexual Reproduction**:

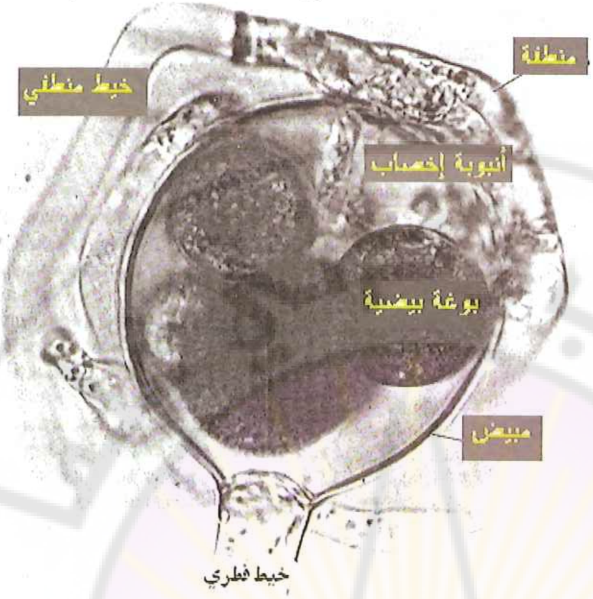
تتكاثر معظم الفطريات تكاثراً جنسياً. ويتضمن اندماج خليتين بالانصهار البلاسمي ثم النووي يليه انقسام منصف. ويقود هذا التكاثر إلى تشكيل أبواغ ذات أهمية في بقاء الفطر واستمراريته أكثر من أهميتها في انتشار الفطر كالأبواغ البيضية Oospores لدى الفطريات البيضية Oomycota, والأبواغ الازدواجية Zygospores لدى الفطريات الازدواجية Zygomycota والأبواغ الزقية Ascospores لدى الفطريات الزقية Ascomycota والأبواغ الدعامية Basidiospores لدى الفطريات الدعامية Basidiomycota.

5-5-2-1 الأبواغ البيضية **Oospores**:

هي أبواغ جنسية تميز أفراد شعبة الفطريات البيضية Oomycota, وتلاحظ لدى بعض أفراد رتبة Monoblepharidales من الفطريات الكيتريدية Chytidiomycota.

يبدأ تطور البوغة البيضية لدى الفطريات البيضية بتشكيل بيضة كروية أو أكثر داخل منسل بيضي Oogonium, ومنطفة Antheridium, وبعد ذلك يحدث الإخصاب بين نواة من المنطفة ونواة بيضة كروية في المنسل البيضي لتتشكل بوغة بيضية ملقحة

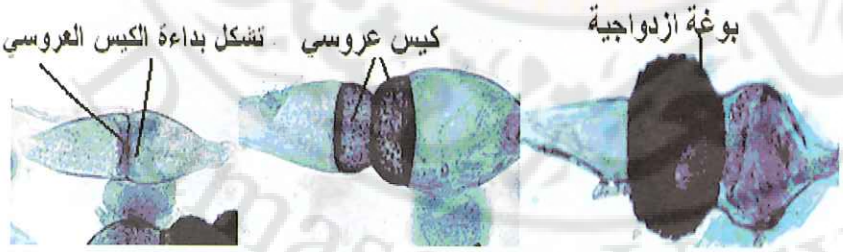
2n ذات جدار ثخين وتكون غنية بالمدخرات الغذائية كالليبيدات وتعتبر مصدراً للبقاء, تسكن لفترة طويلة قبل أن تصبح قادرةً على الإنتاش (شكل 5-23).


منطقة
خيط منطقي
أنبوبة إخصاب
بوغة بيضية
مبيض
خيط فطري

(شكل 5-23): الأبواغ البيضية **Oospores**

5-5-2-2 الأبواغ الازدواجية Zygospores:

تتشكل البوغة الازدواجية في الفطريات الازدواجية مثل جنس *Rhizopus* عند اقتراب وانصهار خيطين فطريين من سلالتين مختلفتين موجبة وسالبة. تتميز البوغة الازدواجية بوجود غلاف ثخين عاتم مزود بتزيينات، وتكون مقاومة للظروف السيئة, وعند عودة الظروف الملائمة, تنتش البوغة الازدواجية ليبزغ منها خيطاً حاملاً لكيس بوغي (شكل 5-24).

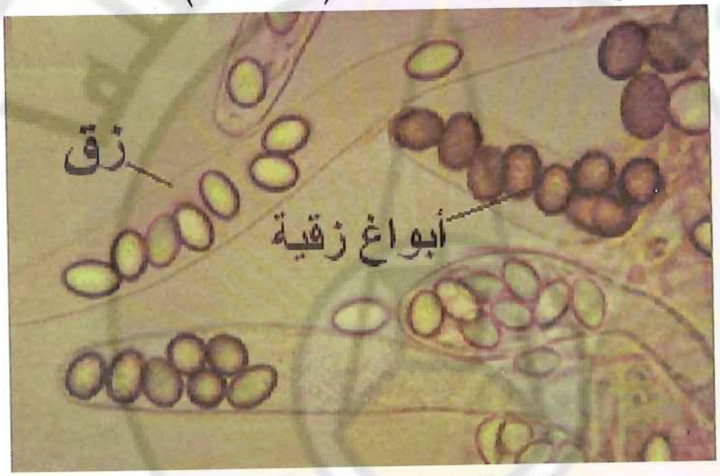

بوغة ازدواجية
كيس عروسي
تشكل بداءة الكيس العروسي

(شكل5-24): تشكل البوغة الازدواجية **Zygospore**

تتعرض البوغة الازدواجية الناضجة لانقسام منصف, الأمر الذي يقود إلى تشكل أبواغ أحادية الصيغة الصبغية داخل الكيس البوغي. يكون الكيس البوغي والأبواغ المتشكلة بداخله, في كلا الطريقين الجنسي واللاجنسي, متماثلين ولكن غير متطابقين وراثياً.

3-2-5-5 الأبواغ الزقية Ascospores:

هي أبواغ جنسية تميز أفراد شعبة الفطريات الزقية Ascomycota, تتشكل داخل زقاق Asci ومفردها Ascus, نتيجة انصهار نووي متبوع بانقسام منصف, وغالباً مايُتبع بانقسام خيطي ليكون عدد الأبواغ الزقية المتشكلة في الزق ثمانية على الأغلب, فهي إذن أبواغ أحادية الصيغة الصبغية (شكل 5-25).



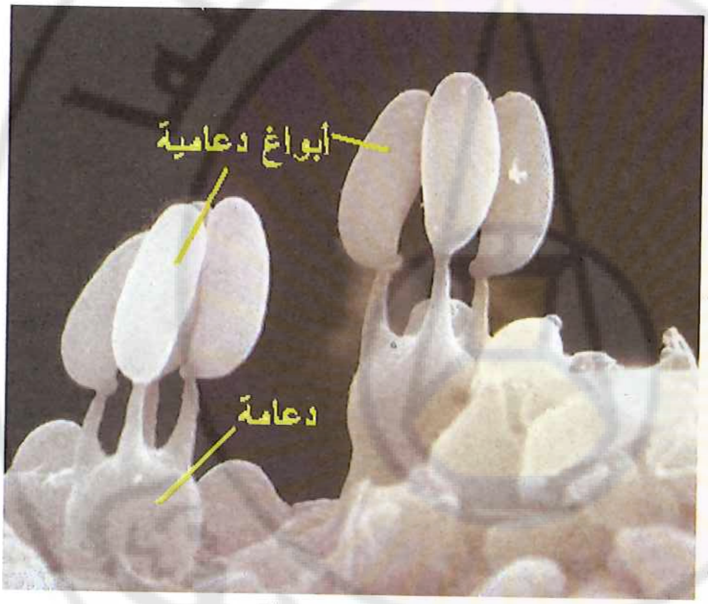
(شكل 5-25): الزقاق والأبواغ الزقية

تختلف الأبواغ الزقية في أشكالها وحجومها فهي ذات أبعاد تتراوح بين 4-5×1 ميكروميتر إلى 130×45 ميكروميتر، وقد تكون كروية, بيضوية, إبرية, ليمونية الشكل أو أسطوانية. وقد تكون وحيدة النواة أو متعددة النوى, وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا ذات حواجز عرضية أو طولية وعرضية. وللأبواغ الزقية أهمية في انتشار النوع وحفظه وبقائه, إضافة للأهمية الوراثية نظراً لأن البوغة الزقية هي ناتج انصهار نووي متبوع بانقسام منصف. وقد درست الأبواغ الزقية بشكل جيد لدى فطر

Neurospora tetrasperma حيث تتميز البوغة الزقية لدى هذا الفطر بغلاف ثخين مكون من عدة طبقات.

5-5-2-4 الأبواغ الدعامية Basidiospores:

هي أبواغ جنسية تميز أفراد شعبة الفطريات الدعامية Basidiomycota. وبمقارنة هذا النمط من الأبواغ مع الأبواغ الزقية من حيث تنوع شكليتها, يمكن القول بأن الأبواغ الدعامية أكثر تجانساً من الأبواغ الزقية, حجومها صغيرة من 3-20 ميكروميترو غالباً ما ترتبط إلى الدعامة Basidium, وجمعها Basidia, بزائدة Sterigma, وجمعها Sterigmata، وتحمل الدعامة عادة أربع أبواغ دعامية (شكل 5-26).



(شكل 5-26): الدعامات والأبواغ الدعامية

و تكون الأبواغ الدعامية وحيدة الخلية عادة, ولكن لدى بعض أنواع صف الدعاميات غير المتجانسة Heterobasidiomycetes , يمكن بعد تحررها أن تتقسم بحواجز. والأبواغ الدعامية ذات شكل كروي أو بيضاوي, متطاولة, لوزية الشكل, منطادية أو مغزلية. جدارها أملس أو مزين بزوائد. وللأبواغ الدعامية أهمية كبيرة في تصنيف الأنواع فقد تكون عديمة اللون, بيضاء, بنية أو فاتحة اللون، زهرية, قرمزية أو

سوداء, ويعزى لونها إلى أصبغة موجودة في السيتوبلاسما أو في جدار البوغة, ويتلون جدار البوغة في مرحلة متأخرة من تطور البوغة, وهذا ما يفسر تغير لون الصفائح التي تحمل الأبواغ الدعامية لدى فطريات المشروم Mushrooms مثل فطر *Agaricus* من اللون الزهري (لون السيتوبلاسما) إلى اللون البني القرمزي لدى النضج (لون جدار البوغة). ترتبط البوغة الدعامية إلى الدعامة بزائدة Sterigma وتسمى منطقة الارتباط بالسرة Hillum. تحوي البوغة الدعامية نواة واحدة أحادية الصيغة الصبغية, وأحياناً نواتين متماثلتين وراثياً تنتجان عن انقسام النواة الواحدة خيطياً.

6-5 الأشكال غير التامة Anamorphs والأشكال التامة Teleomorphs:

يمكن أن توجد الفطريات بأشكال عدة, يطلق على الأشكال التي تتضمن إنتاج الأبواغ الجنسية كالثمار الزقية لدى الفطريات الزقية, والثمار الدعامية لدى الفطريات الدعامية مصطلح Teleomorphs وهو مصطلح مشتق من اليونانية ويعني الأشكال التامة, أما الأشكال التي تتضمن إنتاج الأبواغ اللاجنسية كالأبواغ الكونيدية فيطلق عليها مصطلح Anamorphs ويُقصد بها الأشكال غير التامة.

وقد استخدم قديماً مصطلحين نظيرين وهما على الترتيب perfect state و Imperfect state, ومن هذا الأخير اشتقت تسمية الفطريات الناقصة Fungi Imperfecti أو Deuteromycetes حيث اعتقد أن أفراد هذه المجموعة لا تتكاثر إلا لاجنسياً ويطلق عليها أحياناً تسمية Mitosporic Fungi. أما كلا الشكلين لأي فطر فيطلق عليهما مصطلح Holomorph وتعني الشكل الكلي أو الكامل.

7-5 دراسة أمثلة من المجموعات التصنيفية المختلفة للفطريات

أولاً – الفطريات الكاذبة التي تنتمي لمملكة بروتستا Kingdom Protista وتضم:

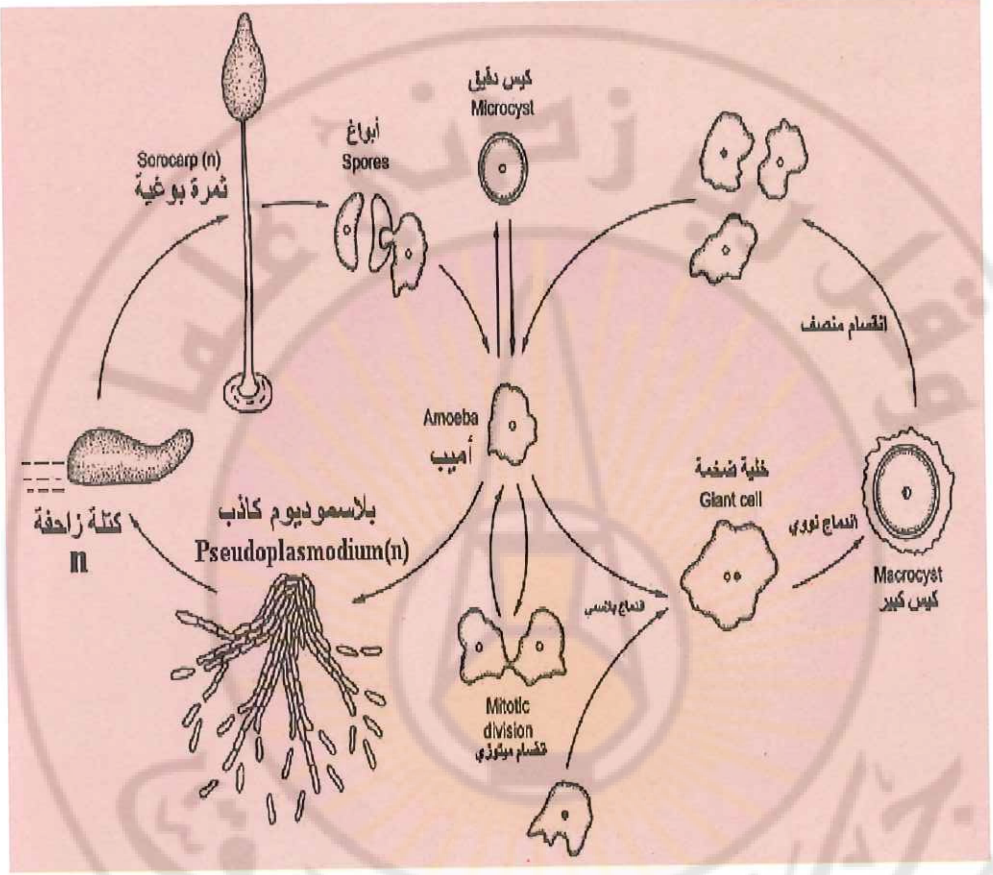
- شعبة الفطريات المخاطية.
- شعبة الفطريات المخاطية البلاسموديوفورية.
- شعبة الفطريات البيضية.

5-7-1 شعبة الفطريات المخاطية Myxomycota:

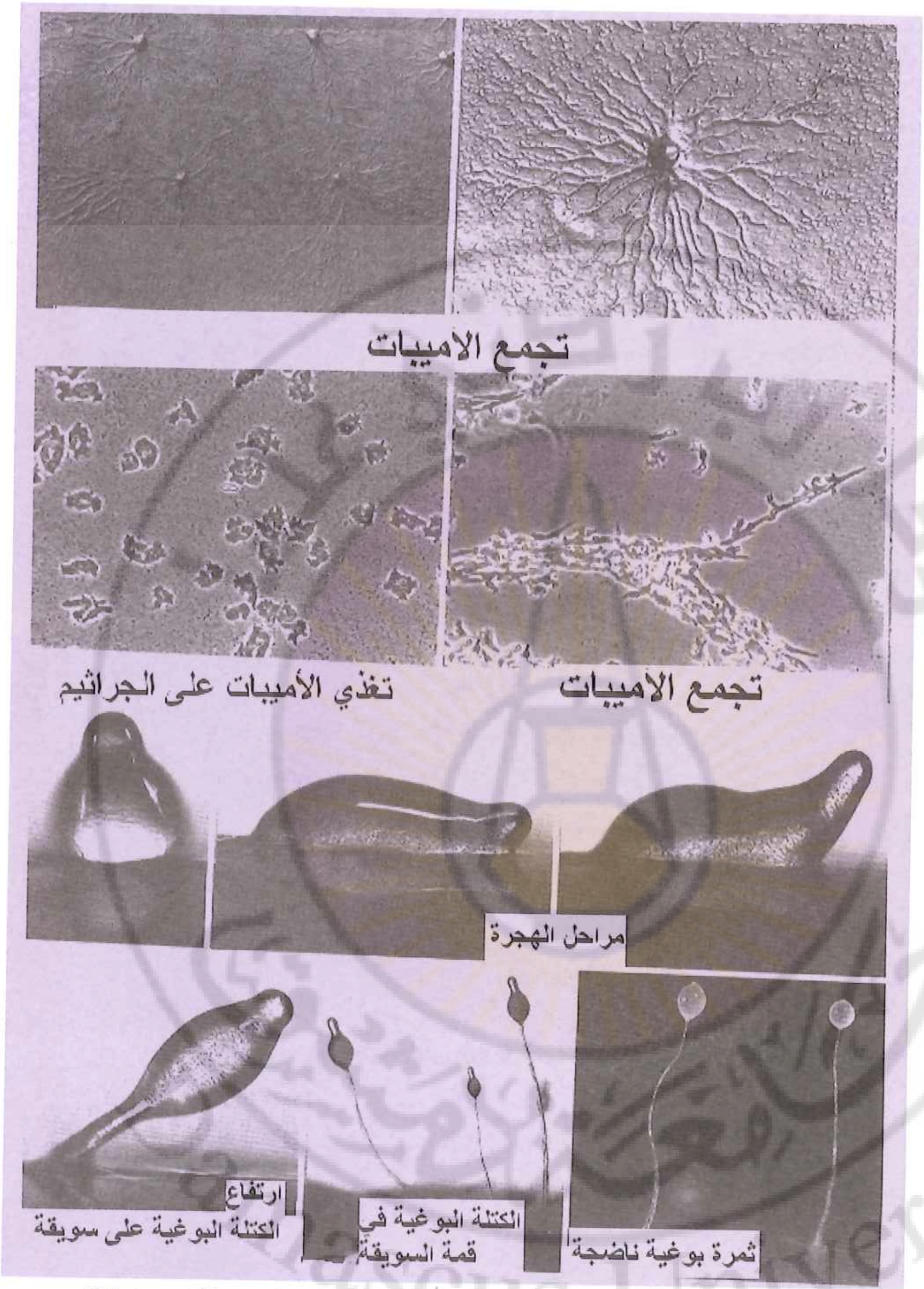
تضم هذه الشعبة أربعة صفوف وسوف ندرس منها جنس *Dictyostelium* من صف الفطريات المخاطية الديكتيوستيلية Dictyosteliomycetes.

يضم هذا الصف 4 أجناس و 46 نوعاً , وأشهر هذه الأجناس الجنس *Dictyostelium* الذي يظهر بشكل شائع في التربة وعلى بقايا النباتات وعلى الروث. ويمكن استنباته على وسط آغاري يحوي جراثيم مثل *(Escherichia coli, Klebsiella aerogenes)* مع إضافة حفنة من تربة رطبة فعندها يمكن أن تخرج الأميبات من التربة وتتغذى على الجراثيم الموجودة في الوسط. بعدها يشكل الفطر الثمار البوغية. يظهر (شكل 5-27) حلقة حياة فطر *Dictyostelium discoideum*، حيث تنتش كل بوغة من أبواغ الثمرة البوغية لتعطي خلية أميبية 1n, تتغذى على جراثيم التربة بالبلعمة Phagocytosis. تنقسم هذه الخلية الأميبية لاجنسياً إلى خليتين 1n. ويمكن في الظروف غير الملائمة أن تتكيس الخلية الأميبية لتشكل كيساً دقيقاً Microcyst, ويمكن تحريض عملية التكيس بإضافة مواد كالأمونيا التي تعطي الإشارة بذلك. أما التكاثر الجنسي Sexual reproduction فيحدث بانصهار أميبين, وقد سجل الباحثون وجود أنواع متجانسة المشرات Homothallic وأنواع أخرى متخالفة المشرات Heterothallic. وقد تبين في النوع *Dictyostelium discoideum* أن الانصهار بين الأميبات يمكن أن يُثبط بالضوء أو بوجود مركب cAMP ويمكن أن يحرض بوجود الإيثيلين Ethylene. تنمو الخلية الناتجة من انصهار الأميبين بشكل ملحوظ وتفرز حولها محفظة Sheath كجدار أولي, ثم يحدث الانصهار النووي Karyogamy وتتشكل الزيغوت التي تتغذى على الأميبات الأخرى بالبلعمة ثم تفرز حولها جداراً ثانوياً ذا طبيعة سللوزية. وبعدها يحدث انقساماً ميوزياً ويتشكل عدد من الأميبات 1n. ومن أهم الصفات المميزة لهذا الفطر تجمع Aggregation الآلاف من الأميبات (عند استنفاذ الغذاء) لتشكل بلاسموديوم كاذب Pseudoplasmodium دون أن يحدث أي انقسام ميتوزي أو ميوزي. وبعدها تفرز الأميبات حول نفسها غلافاً عاماً ويكون حجوم الأميبات الزاحفة

في المنطقة الأمامية أكبر من تلك في الخلف، ويؤدي الضوء وتركيز الأوكسجين دوراً موجباً في اتجاه حركتها وتجمعها. ثم يبدأ بعد ذلك تشكل سويقة Stalk تتكون من مجموعة أميبات, ويتحول 80% من الأميبات في أعلى السويقة إلى أبواغ ويدعى الشكل الناتج بالثمرة البوغية أو الجسم الثمري (شكل 5-28).


Sorocarp (n)
ثمرة بوغية
أبواغ
Spores
كيس دقيق
Microcyst
انقسام منصف
Amoeba
أميب
خلية ضخمة
Giant cell
اندماج نووي
Macrocyst
كيس كبير
كتلة زاحفة
n
بلاسموديوم كاذب
Pseudoplasmodium(n)
اندماج جنسي
Mitotic
division
انقسام ميتوزي

(شكل 5-27): حلقة حياة فطر ***Dictyostelium discoideum***


تجمع الاميبات
تغذي الأميبات على الجراثيم
تجمع الأميبات
مراحل الهجرة
ارتفاع
الكتلة البوغية على سويقة
الكتلة البوغية في
قمة السويقة
ثمرة بوغية ناضجة

(شكل5–28): مراحل متعاقبة في تطور فطر ***Dictyostelium discoideum***

5-7-2- شعبة الفطريات البلاسموديوفورية Plasmodiophoromycota:

تعتبر أفراد هذه الشعبة طفيليات إجبارية Obligate parasites وأشهر مثال عليها فطر *Plasmodiophora brassicae* الذي يتطفل على جذور النباتات الراقية كأفراد الفصيلة الملفوفية (الملفوف والزهرة) مسبباً تضخم الجذور Club Root, وفطر *Spongospora subterranea* الذي يتطفل على البطاطا مسبباً لها الجرب المسحوقي Powdery Scab. كما يصيب بعض أفراد هذه الشعبة النباتات غير المزروعة, وخاصة المائية منها, وكذلك الطحالب لا سيما المشطورات, وكذلك بعض الفطريات البيضية Oomycota والنيماتودا. تضم هذه الشعبة 12 جنساً و51 نوعاً , ويمكن تمييز الأجناس بعضها عن بعض من خلال ترتيب الأبواغ الكامنة Resting Spores في خلايا النبات المضيف, كما يمكن استخدام هذه الصفة في تسمية معظم أجناس هذه المجموعة, ففي الجنس *Polymyxa* يتجمع عدة أبواغ كامنة بشكل مجموعة (Sorus), على حين أنه في جنس *Spongospora* تتجمع الأبواغ الكامنة بشكل قليل التراص في مجموعات تشبه مظهر الإسفنج.

تصنيف شعبة الفطريات المخاطية البلاسموديوفوريةPlasmodiophoromycota:

لقد درست هذه المجموعة من قبل علماء الفطريات وعلماء أمراض النبات Plant Pathologists. تضم هذه الشعبة صفاً واحداً ورتبتين وفق مايلي:

شعبة Plasmodiophoromycota

صف Plasmodiophoromycetes

- رتبة Plasmodiophorales
- رتبة Haptoglossales

سندرس منها الرتبة الأولى.

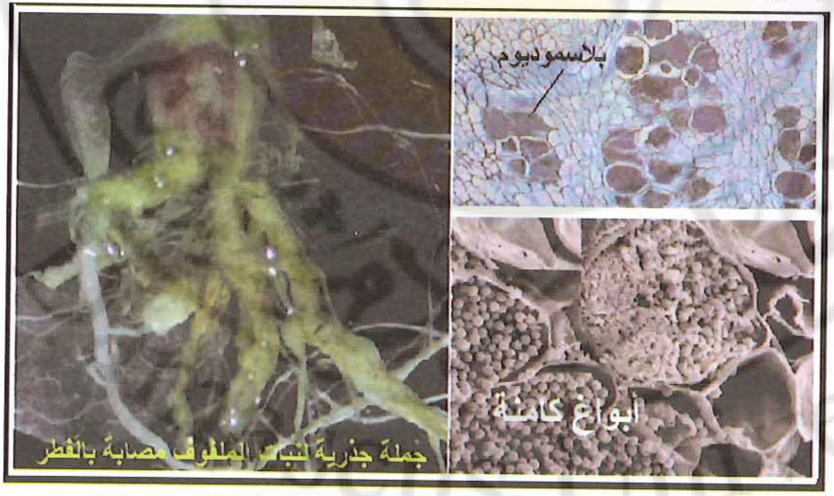
رتبة Plasmodiophorales (الفطريات المخاطية البلاسموديوفورية):

تتميز البوغة السابحة لدى أفراد هذه الرتبة بوجود سوطين جانبيين غير متساويين في الطول. يكون السوط الأمامي أقصر من الخلفي وكلاهما غير مهدبين, وتكون البوغة السابحة من هذا النمط مختلفة السياط Anisokont. تتمثل الوحدة

الإعاشية الرئيسية بأميب يكبر ليتحول إلى بلاسموديوم Plasmodium. حيث يُشاهد حراً داخل خلايا النبات المضيف ويكون غشاء الأميب على تماس مباشر مع سيتوبلاسما الخلية المضيفة المصابة, ويستطيع بلعمة جزء من سيتوبلاسما الخلية المضيفة. يمكن تنمية بعض أفراد هذه الرتبة لفترة على أوساط مغذية صنعية إذا توافر لها بعض الجراثيم في تلك الأوساط. يستطيع أن يتحرك البلاسموديوم حركة أميبية وينتشر من خلية إلى أخرى متبلعماً ما يجد في طريقه ويزداد انتشار رقعة الإصابة. تتمثل مراحل الفطر المزودة بجدار لدى أفراد هذه الرتبة بأكياس الأبواغ السابحة على سطح النبات, وبالأكياس البوغية السابحة وبأكياس الأبواغ الكامنة داخل خلايا النبات المضيف. ويكون جدار الأبواغ الكامنة ثخيناً يحتوي على الكيتين.

التكاثر وحلقة الحياة لدى فطر *Plasmodiophora brassicae*:

تعتبر الإصابة بهذا الفطر شائعة في الحدائق التي ينمى فيها أنواع تعود للفصيلة الملفوفية Brassicaceae, خاصة إذا كانت التربة حامضية وسيئة التصريف. ويمكن أن تنتقل الإصابة من جذور نباتات الفصيلة الملفوفية إلى جذور نباتات فصائل أخرى عند وجودها في نفس الرقعة, ويلاحظ هذا الفطر في كل بقاع العالم. تتمثل أعراض الإصابة بهذا الفطر بجذور منتفخة متدرنة (شكل5-29) , ويمكن للجذور الرئيسية والجانبية أن تلتقط العدوى.



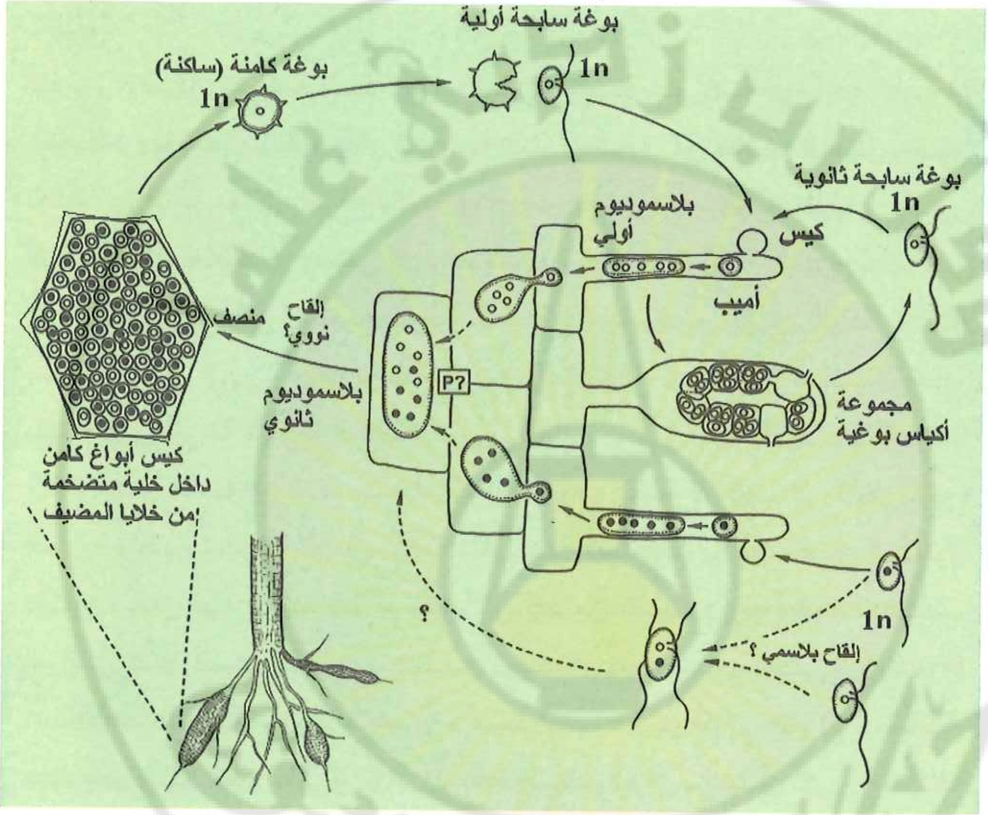
(شكل5-29): الإصابة بفطر *Plasmodiophora brassicae*

أما فوق سطح التربة فمن الصعب تمييز النباتات السليمة عن النباتات المصابة, ويعتبر ذبول أوراق النبات من أول الأعراض المميزة للإصابة خاصة في الطقس الدافئ. بعدها يتباطأ نمو النبات المصاب ويصبح أصفرَ شاحباً وعندما يصاب النبات فتياً فيمكن له أن يموت بسرعة. وعادة ماتكون نسبة كتلة الجملة الجذرية إلى الفارعية أعلى في النباتات المصابة، وهذا يدل على اضطراب في التركيب الضوئي لدى النبات المصاب.

أما عن الإصابة وتقدمها فيلاحظ احتواء الجذور المنتفخة على كمية كبيرة من الأبواغ الكامنة كروية الشكل وذات جدار ثخين, لا تلبث أن تتحرر من خلايا الجذر، لدى تعفنه, إلى التربة. تنتش الأبواغ الكامنة (بتحريض من مواد كيميائية تنتجها جذور أفراد الفصيلة الملفوفية)، وتعطي كل واحدة منها بوغة سابحة أولية تسبح بسوطين غير متساويين في الطول. تسبح البوغة السابحة الأولية (المتحررة من البوغة الكامنة) بسوطيها لتصل إلى وبرة جذرية تلتصق بها وربما تحتاج لعدة محاولات لتنجح في ذلك. تتكيس البوغة السابحة الملتصقة بالوبرة الجذرية وتكون غنية بالأجسام الدهنية والفجوات, وبعد حوالي ثلاث ساعات, يُحقن محتوى البوغة المتكيسة إلى داخل الوبرة الجذرية ويظهر محتواها المتمثل بأميب داخل خلية المضيف ويُغلق مكان الدخول بالكالّوز. يمكن لهذا الأميب 1n أن يتقسم إلى عدد من الأميبات وحيدة النواة ثم تنقسم النواة في كل أميب إلى عدة نوى ليتشكل بلاسموديوم أولي Primary plasmodium, وينقسم كل بلاسموديوم ليشكل مجموعة من أكياس الأبواغ السابحة, حيث يحتوي كل كيس على 4-8 أبواغ سابحة وحيدة النواة, يمكنها أن تكرر الإصابة عدة مكرات بتحررها إلى التربة وإصابتها لجذور جديدة وهكذا تتمثل حلقة التكاثر اللاجنسي.

أما التكاثر الجنسي فيظن أن لأكياس الأبواغ الكامنة علاقة بالتكاثر الجنسي وذلك بسبب ملاحظة حدوث انقسام منصف في أكياس الأبواغ الكامنة الناضجة المتوضعة في أعماق قشرة جذر النبات المضيف. إن موقع حدوث الاندماج البلاسمي والنووي لم يتحدد بدقة. ومن الفرضيات في هذا الصدد اندماج خليتين سابحتين مختلفتين وراثياً

لتشكيل زيغوت, يمكن أن تتطور إلى بلاسموديوم ثانوي وهذا بدوره يعاني من انقسام منصف ليتحول إلى كيس أبواغ كامن, تتحرر هذه الأبواغ الكامنة وتنتش متحولة إلى أبواغ سابحة لتعيد حلقة الحياة من جديد. كذلك يمكن لاثنين من البلاسموديات الأولية أن يندمجا لتشكيل بلاسموديوم ثانوي, يطرأ عليه انقساماً منصفاً ليتحول إلى أبواغ كامنة 1n, تنتش متحولة إلى أبواغ سابحة لتعيد حلقة الحياة من جديد (شكل 5-30).


بوغة سابحة أولية
1n
بوغة كامنة (ساكنة)
1n
بوغة سابحة ثانوية
1n
بلاسموديوم أولي
كيس
أميب
إلقاح نووي؟
منصف
P?
بلاسموديوم ثانوي
مجموعة أكياس بوغية
كيس أبواغ كامن داخل خلية متضخمة من خلايا المضيف
؟
1n
إلقاح بلاسمي ؟

(شكل5-30): التكاثر وحلقة الحياة في فطر ***Plasmodiophora brassicae***

السيطرة على الأمراض التي يسببها أفراد رتبة Plasmodiophorales:

إن السيطرة على مرض تورم الجذور Club root disease الذي يسببه فطر *Plasmodiophora brassicae* صعب جداً, لأن الأبواغ الكامنة تبقى في التربة محتفظة بحيويتها حتى 20 عاماً, ولأن بإمكان الفطر الممرض أن يسبب

المرض لمجموعة واسعة من النباتات حتى غير المزروعة والتي تنتمي أو لا تنتمي للفصيلة الملفوفية, الأمر الذي يساعد في انتشار المرض بشكل كبير. وربما لا تتضخم جذور النباتات المصابة في حال النباتات التي لا تنتمي للفصيلة الملفوفية, لأن حلقة حياة الفطر في هذه الحالة تقتصر على المرحلة اللاجنسية فقط. ومع ذلك يمكننا أن ننصح بما يلي:

تحسين تصريف التربة للمياه, ورفع درجة حموضة التربة قليلاً في حال الترب منخفضة درجة الحموضة pH وذلك بإضافة كربونات الكالسيوم التي ربما تحد من إنتاش الأبواغ الكامنة في التربة ويمكن استخدام البورون Boron بمعدل 10-20 ملغ/كغ تربة. كما يمكن نقل النباتات السليمة إلى ترب معقمة, ولا ننصح باستخدام المبيدات الفطرية أو مركبات الزئبق المحتوية على مركبات Benomyl التي يستخدمها بعضهم.

وتسير التجارب حالياً باتجاه التهجين بغرض انتقاء محاصيل زراعية مقاومة للفطر رغم صعوبة ذلك, لأنه لوحظ مع الزمن ظهور سلالات جديدة من فطر *Plasmodiophora brassicae* أكثر قوةً من السابقة.

أما السيطرة على مرض الجرب المسحوقي للبطاطا الذي يسببه فطر *Spongospora subterranea* فيمكن القول بأن هذا المرض أقل خطورةً من المرض السابق ويمكن الحد منه بتحسين تصريف التربة للمياه, وتعتبر الفيروسات التي تنقل بواسطة الفطر هي أشد ضرراً من الفطر ذاته. وتجري دراسات تتعلق بالنقل المورثي للحصول مستقبلاً على نباتات معدلة وراثياً ومقاومة لتلك الفيروسات .

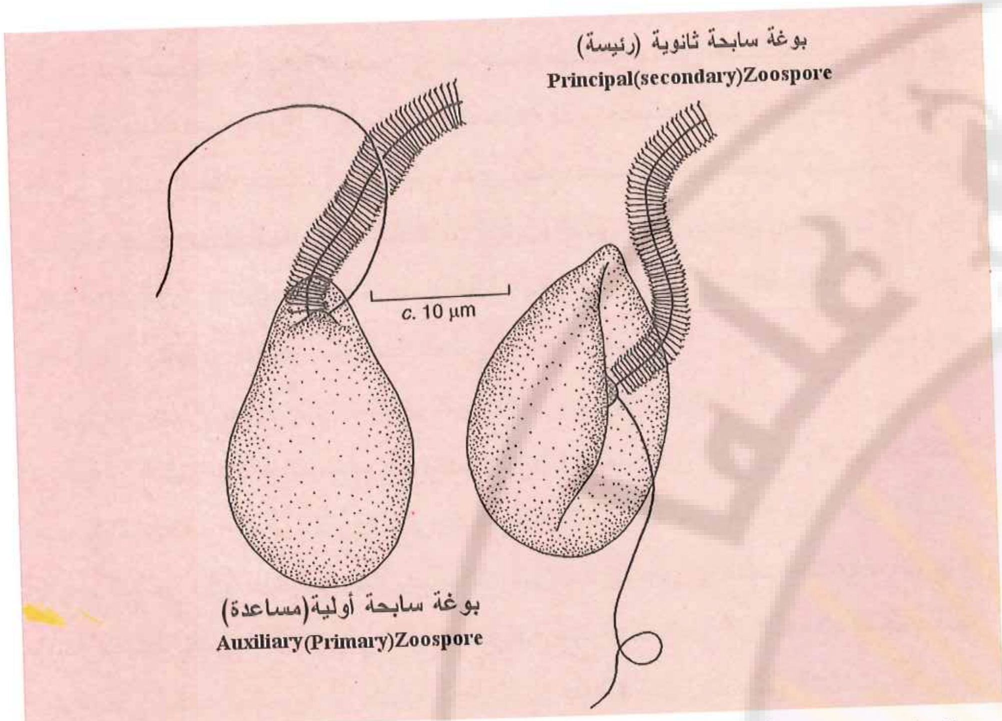
3-7-5 شعبة الفطريات البيضية Oomycota:

يطلق على شعبة الفطريات البيضية Oomycota أحيانا في بعض التصانيف تسمية Peronosporomycetes وتضم حالياً 800 -1000 نوع وأفرادها لها نفس المنشأ. وسوف نتحدث عنها هنا لأهميتها الخاصة في إمراضها للنباتات.

يأخذ معظم أفراد هذه المجموعة بشكله الإعاشي شكل خيوط متفرعة تشكل مشيجة Mycelium, ذات بنية أنبوبية Coenocytic, لا تبدي وجود حواجز Septa فيها باستثناء الأجزاء الهرمة أو في قواعد البنى التكاثرية.Reproductive Structures . السيتوبلاسما حبيبية وتحوي على فجوات Vacuoles, حويصلات غولجي Golgi stacks, جسيمات كوندرية, ونوى مضاعفة Diploid Nuclei. تحتوي جدر خيوط هذه المجموعة على السيلولوز والغلوكان بدل الكيتين.

- **الأبواغ السابحة Zoospores :**

تتميز الفطريات البيضية بأبواغها اللاجنسية السابحة التي تُولَّد داخل أكياس بوغة كروية أو متطاولة. وهي من نمط Heterokont أي مختلفة السياط (شكل 5-31), سوط مهدب وآخر أملس, ويوجد نمطان من هذه الأبواغ السابحة: النمط الأولي Auxiliary Zoospore (بوغة سابحة مساعدة) حيث يكون كلا سوطي البوغة الكمثرية الشكل في قمتها, وتتكيس مباشرة بعد تشكلها لتنتش معطيةً النمط الثاني من الأبواغ السابحة ذات الشكل الكلوي وهو النمط الثانوي الرئيسي Principal zoospore, وهو أكثر شيوعاً وأكثر كفاءة في السباحة ويكون سوطا البوغة جانبيين, وفي الأنواع التي تفتقد للنمط الأول فإن النمط الثاني يتحرر مباشرة من الكيس البوغي. ونشير إلى افتقاد بعض الأنواع في هذه المجموعة لأي أشكال بوغية سابحة ولكنها مازالت ترتبط بهذه المجموعة.


بوغة سابحة ثانوية (رئيسة)
Principal(secondary)Zoospore
c. 10 µm
بوغة سابحة أولية(مساعدة)
Auxiliary(Primary)Zoospore

(شكل 5-31): الأبواغ السابحة الأولية (المساعدة) والثانوية (الرئيسة) في فطر *Saprolegnia*

■ التكاثر الجنسي **Sexual Reproduction**:

تتميز جميع المشرات الإعاشية لدى الفطريات البيضية Oomycota بكونها مضاعفة الصيغة الصبغية, بعكس الفطريات الحقيقية التي تتمثل نواها في البنيات الإعاشية بكونها أحادية الصيغة الصبغية. الإلقاح لدى أفراد هذه المجموعة من النمط البيضي Oogamous, حيث تكون أكياس الأعضاء الذكرية Male والأنثوية Female ذات حجوم وأشكال مختلفة. تتمثل أعضاء التكاثر الذكرية بالمناطف Antheridia والأنثوية بالمناسل البيضية Oogonia, ويتم انصهار العضو الذكري مع الأنثوي انصهاراً بلاسمياً متمثّلاً بانصهار البروتوبلاست, ثُم انصهاراً نووياً تنصهر فيه النوى الأحادية, ويلاحظ لدى بعض الأنواع اختلافاً في المشرات وبالتالي وجود جنسية نسبية.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

لأفراد هذه المجموعة أهمية خاصة في إمراضها للنباتات ونذكر هنا حدثين هامين خلال القرن التاسع عشر: الأول يتمثل بالمجاعة التي حصلت في إيرلندا 1845–1848 بسبب إصابة محصول البطاطا، الذي يُعتمد عليه كمحصول رئيسي في التغذية، بفطر *Phytophthora infestans*، والثاني يتمثل بإصابة محصول العنب بفطر *Plasmopara viticola* عام 1940 وكان هذان الحدثان دافعاً لتقدم العلم في تلك الفترة وظهور الحاجة لمكافحة الفطريات حيث ظهر لأول مرة مزيج بوردو Bordeaux mixture الذي استخدم كمبيد للفطريات Fungicide.

ورغم أن الكثير من أفراد مجموعة Oomycota يعتمد على الرطوبة في انتشار الأبواغ السابحة، إلا أن الأنواع التي تكيفت للحياة في البيئات الجافة نسبياً فإن إنتاش الكيس البوغي لديها يتم من خلال تشكيل أنبوبة إنتاش Germ tube مباشرة، وتتناوب الطريقتان اعتماداً على الشروط البيئية المتوافرة. تحيا أفراد هذه المجموعة رمية على البقايا العضوية أو طفيلية إجبارية أو طفيلية اختيارية على النباتات. بعض أفرادها يسبب أمراضا للحيوانات مثل *Aphanomyces astaci* الذي يتطفل على جراد البحر Crayfish وفطر *Saprolegnia* spp. الذي يسبب أمراضا مهمة للأسماك وخاصة سمك السلمون، وفطر *Pythium insidiosum* الذي يتطفل على الطحالب. ونشير إلى النوع *Lagenidiun giganteum* الذي يتطفل على الحشرات ويعتبر مهماً في المكافحة الحيوية ليرقات البعوض.

تصنيف شعبة الفطريات البيضية Oomycota:

تضم هذه الشعبة ثمان رتب وسوف ندرس بعض الأمثلة من رتبتين:

- رتبة Saprolegniales - رتبة Peronosporales

1-3-7-5 رتبة الرميات الطرفية Saprolegniales :

تضم هذه الرتبة بمجملها 20 جنساً و132 نوعاً. وهي من أكثر المجموعات المعروفة كفطريات مائية Aquatic Fungi لذلك تسمى بأعفان الماء The Water Moulds.

تحيا بعض أفراد رتبة Saprolegniales في الترب الرطبة, على أطراف البحيرات وفي المياه العذبة رمية على بقايا النباتات والحيوانات, يمكن لبعض الأفراد أن يتحمل المياه المالحة قليلا, رغم أنها تنمو بشكل أفضل في المياه العذبة. بعض أنواعها مهم اقتصادياً بسبب تطفله على الأسماك وبيوضها. ويمكن لبعض أنواع رتبة Saprolegniales أن تتطفل على الطحالب, الفطريات, الدوارات ومجذافيات الأرجل من القشريات، وأحيانا على البلانكتون الحيواني Zooplankton.

خيوط معظم أفراد هذه الرتبة أنبوبية متفرعة وتشكل مشيجة Mycelium ذات نمو قمي, وتتميز بوجود فجوة مركزية ممتدة على طول الخيط ومحاطة بسيتوبلاسما تحتوي على نوى عديدة.

التكاثر الجنسي لدى أفراد هذه الرتبة من النمط البيضي, حيث يتشكل منسل بيضي Oogonium ضخم يحوي بيضة Oosphere أو أكثر. أما الفروع المنطفية Antheridial Branches فتلامس جدار المنسل البيضي وتنطبق عليه مشكلة أنابيب إخصاب Fertilization Tubes, حيث تخترق جدار المنسل البيضي وتُلَقّح كل بيضة بنواة ذكرية واحدة. ومن خصائص العديد من أفراد هذه الرتبة لا سيما المستنبتة في المختبر, تشكيل ما يسمى الأبواغ المغطاة Chlamydospores.

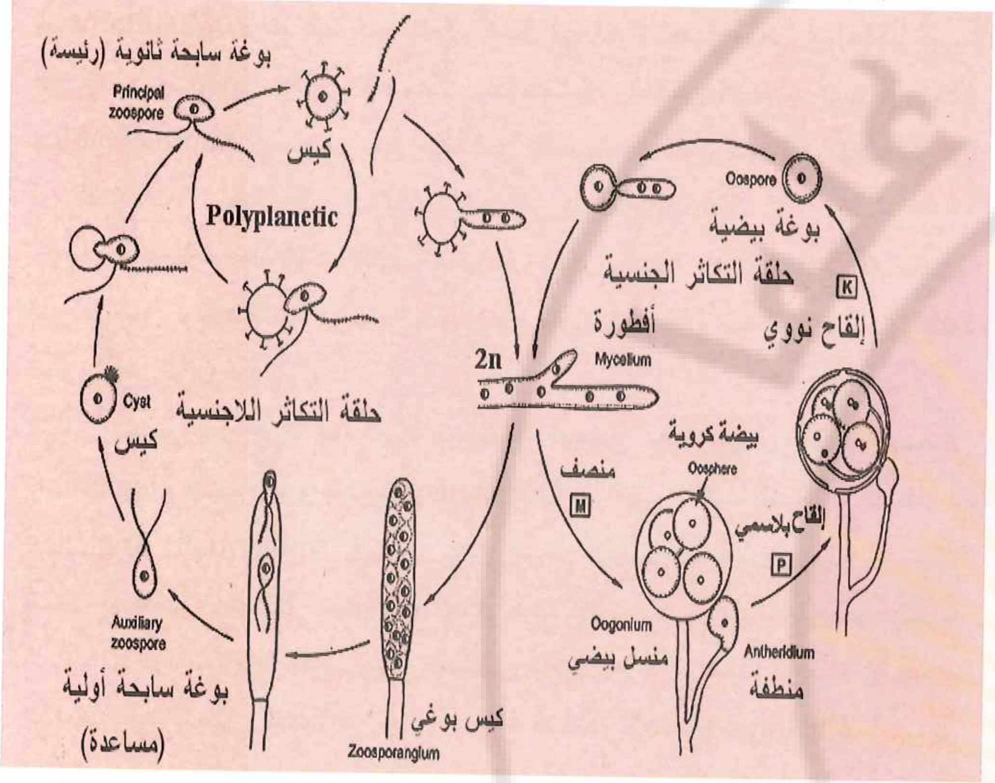
يمكن عزل بعض افراد هذه الرتبة بسهولة من الماء, الطين أو التربة بوضع مغلي بذور قنب أو حشرات منزلية ميتة في أطباق بتري تحوي ماء بركة أو بتغطية عينة تربة بالماء, وخلال 4 أيام يمكن ملاحظة نمو خيوط الفطر وتَشكل أكياس بوغية في نهاياتها.

جنس ***Saprolegnia***:

فصيلة Saprolegniaceae

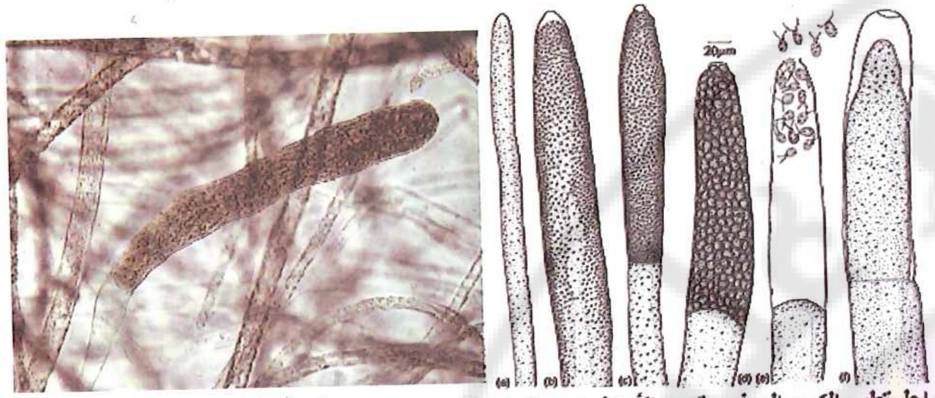
تعتبر أنواع هذا الجنس شائعة في التربة والمياه العذبة كرميات على البقايا الحيوانية والنباتية, وتسبب بعض أنواعه مثل *S. parasitica, S. polymorpha* الأمراض للأسماك كسمك السلمون وبيوضه, مسببة خسائر اقتصادية في المزارع

السمكية ويمكن السيطرة على هذه الفطر باستخدام المبيدات الفطرية رغم صعوبة ذلك. يلخص (الشكل 5-32) حلقة حياة جنس *Saprolegnia*.


بوغة سابحة ثانوية (رئيسة)
Principal zoospore
كيس
Polyplanetic
Oospore
بوغة بيضية
حلقة التكاثر الجنسية
K
إلقاح نووي
أفطورة
2n
Mycelium
Cyst
كيس
حلقة التكاثر اللاجنسية
بيضة كروية
Oosphere
منصف
M
إلقاح بلاسمي
P
Auxiliary zoospore
بوغة سابحة أولية (مساعدة)
كيس بوغي
Zoosporangium
Oogonium
منسل بيضي
Antheridium
منطفة

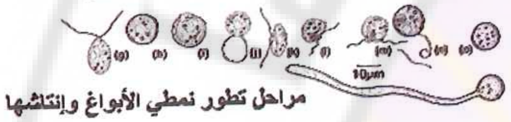
(شكل 5-32): التكاثر وحلقة الحياة في فطر *Saprolegnia*

يبدأ التكاثر اللاجنسي Asexual Reproduction بانتفاخ قمة الخيط الفطري واندفاع وتكثف السيتوبلاسما بداخله حول فجوة الخيط ثم تشكل حاجز في القاعدة البوغية والذي يأخذ شكلاً مستقيماً أو منحنياً (شكل5-33).



مشيجة الفطر

مراحل تطور الكيس البوغي وتحرر الأبواغ السابحة الأولية



مراحل تطور نمطي الأبواغ وإنتاشها

(شكل 5-33): مراحل التكاثر اللاجنسي في جنس ***Saprolegnia***

يحوي الكيس البوغي نوى عديدة, تحاط كل نواة بكمية من السيتوبلاسما وبذلك يتشكل النمط الأول من الأبواغ السابحة المسماة Auxiliary Zoospores التي تتحرر بسرعة وتخرج مع بعضها بشكل عمود. ويستغرق تمايز الكيس البوغي بمجمل مراحله حوالي 90 دقيقة. وبعد خروج الأبواغ يمكن أن يُعاد تشكل كيس بوغي آخر داخل الكيس البوغي الأول بطرقة التجديد, ويمكن أن تتكرر العملية عدة مرات. وبعد خروج الأبواغ السابحة الأولية, لا تلبث وخلال دقيقة أن تتكيس وتبقى متكيسة حوالي 2-3 ساعات , تنتش بعدها ليتحرر منها النمط الثاني الرئيسي من الأبواغ السابحةZoospores Principal التي تأخذ شكلاً كلوياً ويكون فيها السوطان جانبيان و تكون سرعة سباحتها أكبر بثلاث مرات من سرعة سباحة البوغة السابحة الأولية, وتستمر سباحتها عدة ساعات. وتنجذب الأبواغ السابحة الرئيسية كيميائياً حيث يمكنها التجمع على أجزاء معينة من جسم الحيوان كأرجله أو أجنحته أو على سطح السمكة. بعد ذلك تتكيس الأبواغ السابحة الثانوية (الرئيسية) ثم تنتش من خلال أنبوبة إنتاش أو بتحرير أبواغ سابحة رئيسية جديدة, ويمكن أن تتكرر العملية عدة مرات.أما بالنسبة للتكاثر الجنسي فيمكن القول بأن جميع أنواع فطر *Saprolegnia* متجانسة

المشرات Homothallic أي أن المشيجة المنحدرة من بوغة سابحة واحدة يمكن أن تشكل مشيجة تحمل أعضاء التكاثر الأنثوية (المناسل البيضية) Oogonia وأعضاء التكاثر الذكرية Antheridia. يحوي المبيض على بيضة Egg أو أكثر حيث يخصب من خلال أغصان (فروع) إخصاب منطفية Antheridial Branches ، التي تخترق جدار المبيض ثم جدار البيضة الكروية لتنصهر نواة ذكرية من المنطفة مع نواة البيضة الكروية Oosphere ليتشكل بوغة بيضية ملقحة.

2-3-7-5 رتبة Peronosporales:

تعتبر أفراد هذه الرتبة ممرضات طفيلية إجبارية لبعض المجموعات النباتية الراقية. وهي تصيب بشكل أساس الأعضاء الهوائية لهذه النباتات. ومن أهم الأمراض التي تسببها أمراض البياض الزغبي Downy mildews. تضم هذه الرتبة فصيلتين:

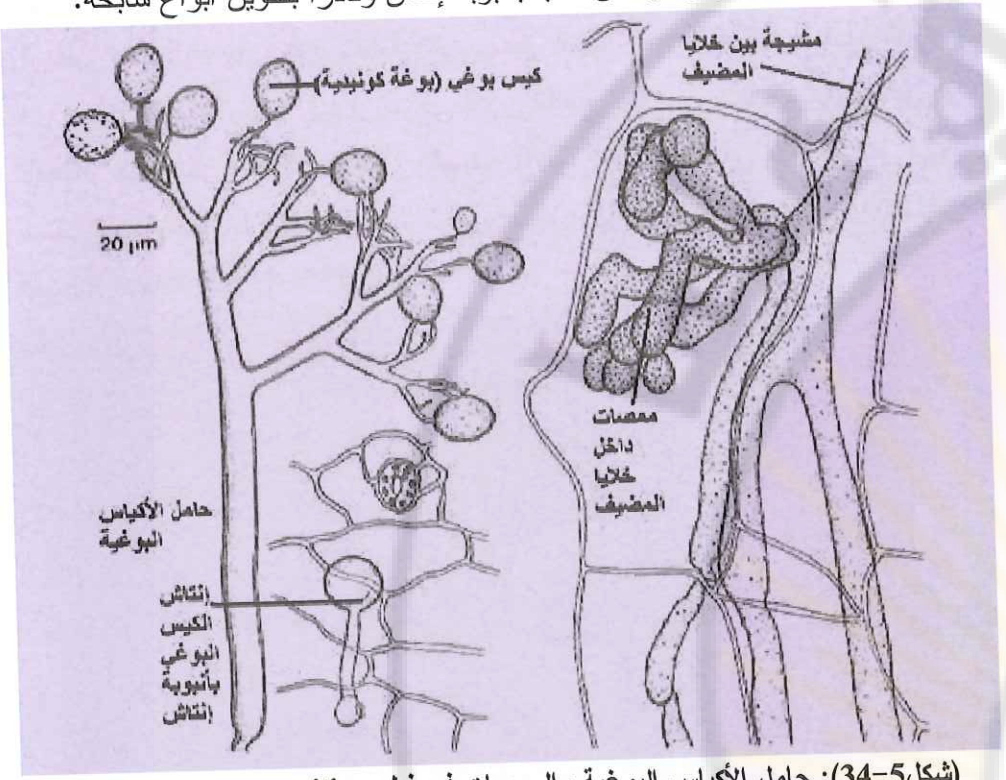
1- فصيلة Peronosporaceae: وينتمي إليها بعض الأجناس الفطرية مثل *Peronospora, Plasmopara, Bremia*.

2- فصيلة Albuginaceae: وينتمي إليها بعض الأجناس الفطرية مثل *Albugo*.

جنس *Peronospora* (من فصيلة Peronosporaceae):

يسبب النوع *Peronospora destructor* مرضاً مهماً على نبات الكراث والبصل, أما النوع *Peronospora farinosa* فيسبب مرض البياض الزغبي على الشوندر السكري والسبانخ, ويمكن أن يصيب نباتات مثل القطف الملحي (الرغل) *Atriplex* والسرمق *Chenopodium*, على حين يهاجم النوع *Peronospora tabacina* نبات التبغ ويسبب عليه عفناً أزرقاً يعود إلى لون أكياسه البوغية التي يشكلها على أوراق التبغ. أما النوع *Peronospora parasitica* فيصيب نباتات الفصيلة الملفوفية Brassicaceae كالملفوف, المنثور، الزهرة، الكرنب وشرابة الراعي, حيث تخرج حوامل الأكياس البوغية مفردةً أو في مجموعات من مسام أوراق النبات المضيف, وفق زوايا حادة متفرعة وتحمل في نهاياتها الدقيقة أكياساً بوغية، بينما يشكل الفطر ممصات داخل الخلايا المصابة (شكل 5-34), وتكون خيوط

الفطر أنبوبية Coenocytic. تنفصل الأكياس البوغية بسبب تغيرات في الرطوبة المحيطة ورطوبة الأوراق, وتنتش غالباً بأنبوبة إنتاش ونادراً بتكوين أبواغ سابحة.


كيس بوغي (بوغة كونيدية)
مشيجة بين خلايا المضيف
20 μm
ممصات داخل خلايا المضيف
حامل الأكياس البوغية
إنتاش الكيس البوغي بأنبوبة إنتاش

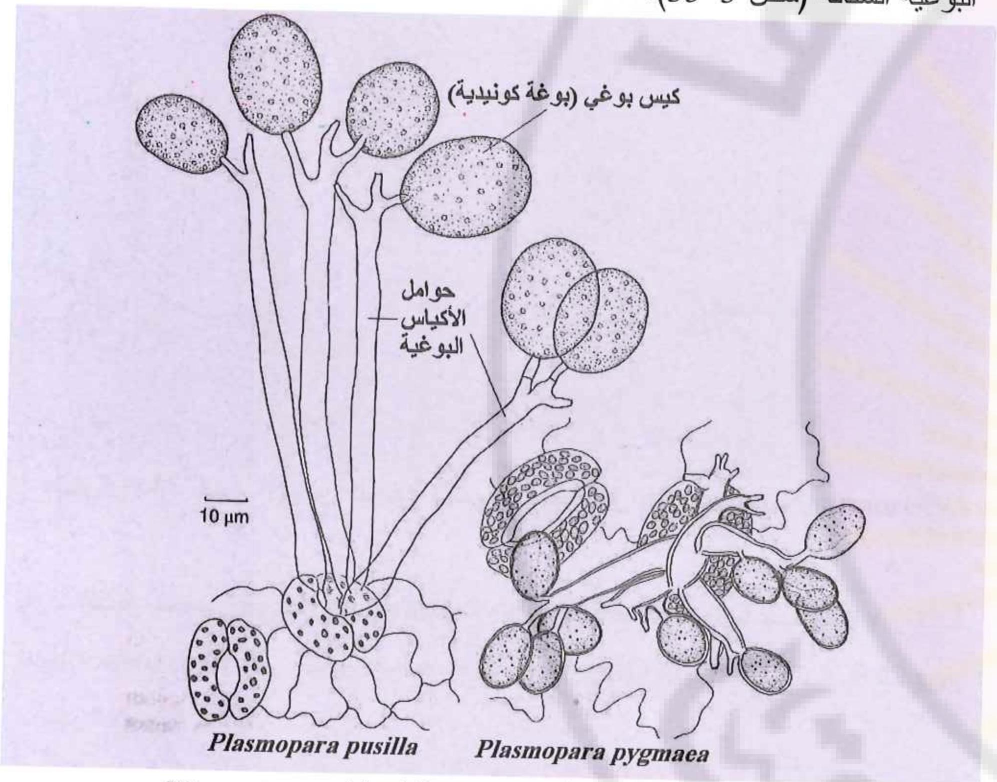
(شكل5-34): حامل الأكياس البوغية والممصات في فطر *Peronospora parasitica*

يقود التكاثر الجنسي في فطر *Peronospora parasitica* مثل أغلب أفراد رتبة Peronosporales إلى تشكيل أبواغ بيضية Oospores تبقى في التربة لتكون مصدراً لإصابة جديدة.

تتم السيطرة على أمراض البياض الزغبي التي تسببها فطريات *Peronospora* spp. باستخدام مبيدات فطرية مثل Metalaxyl الذي يكون فاعلاً على جميع مسببات أمراض البياض الزغبي, إلا أن ظهور أنواع وسلالات فطرية جديدة مقاومة جعل استخدام هذا المبيد مع مبيد آخر Dithiocarbamates أكثر فاعلية, حيث يستخدمان بالرش على أوراق النباتات المصابة.

جنس *Plasmopara* (من فصيلة Peronosporaceae):

يهاجم النوع *Plasmopara viticola* نباتات الكرمة مسبباً لها مرض البياض الزغبي Downy mildew, والتعفن البني لثمار العنب Brown rot, وهو منتشر في أمريكا الشمالية ودخل إلى فرنسا في القرن التاسع عشر. ويستخدم مزيج بوردو للقضاء عليه. تخرج حوامل الأكياس البوغية (الأبواغ الكونيدية) في هذا الجنس من مسام الورقة المصابة وتكون وحيدة المحور تحمل في نهاياتها عدداً من الأكياس البوغية الشفافة (شكل 5-35).


كيس بوغي (بوغة كونيدية)
حوامل الأكياس البوغية
10 µm
Plasmopara pusilla
Plasmopara pygmaea

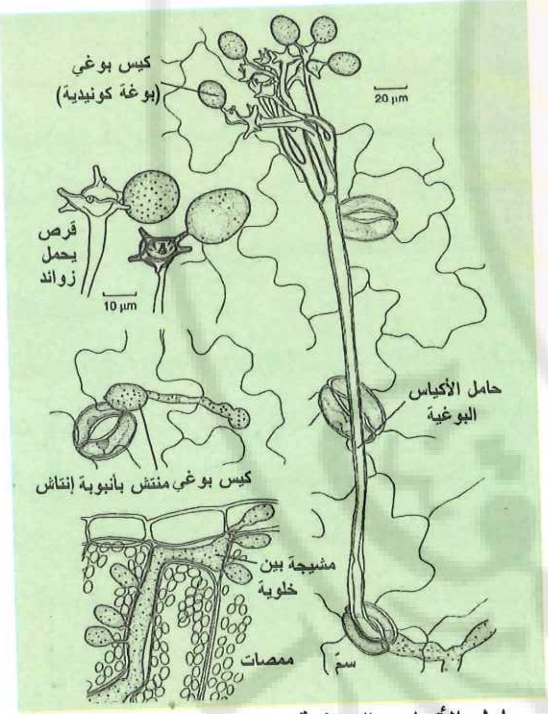
(شكل5-35): حوامل الأبواغ الكونيدية في فطر Plasmopara

تنتش الأكياس البوغية بأنبوبة إنتاش أو بتحرير أبواغ سابحة حسب النوع الفطري. تتكيس الأبواغ السابحة في حال تشكلها وتنمو لتخترق مسام ورقة النبات المصاب من جديد. تنتش الأكياس البوغية والأبواغ البيضية في النوع *Plasmopara viticola* بتحرير أبواغ سابحة.

يُستخدم مزيج بوردو للقضاء على هذا الفطر وما زال يُستخدم حتى يومنا هذا، كذلك أشير إلى إمكانية استخدام مبيد Metalaxyl الذي يستخدم أيضاً للقضاء على فطر *Peronospora*. ويجري التهجين حالياً بين أنواع وسلالات نباتية مختلفة للحصول على أشكال مقاومة للمرض.

جنس ***Bremia*** (من فصيلة Peronosporaceae):

يصيب النوع *Bremia lactuca* نبات الخس مسبباً على أوراقه مرض البياض الزغبي. وهو منتشر في بقاع واسعة من العالم لاسيما في بلادنا. يشكل الفطر ممصات بشكل أكياس كروية داخل خلايا النبات المصاب, وتخرج حوامل الأكياس البوغية بشكل مفرد أو بشكل مجموعات من مسام الورقة المصابة, وتكون متفرعة في ثنائيات. تنتهي حوامل الأكياس البوغية بأقراص تحمل عدة زوائد, وتحمل كل زائدة كيساً بوغياً (بوغة كونيدية) شفافاً (شكل 5-36). تنتش الأكياس البوغية عادة بأنبوبة إنتاش.


كيس بوغي
(بوغةَ كونيدية)
20 µm
قرص
يحمل
زوائد
10 µm
حامل الأكياس
البوغيةَ
كيس بوغي منتش بأنبوبةَ إنتاش
مشيجةَ بين
خلويةَ
ممصات
سمّ

(شكل5-36): حامل الأكياس البوغية والممصات في فطر *Bremia lactuca*

ثانياً- الفطريات الحقيقية Eumycota

مملكة الفطريات Kingdom Fungi

تضم مملكة الفطريات الحقيقية أربع شعب هي:

- **شعبة الفطريات الكيتريدية**
- **شعبة الفطريات الازدواجية**
- **شعبة الفطريات الزقية**

شعبة الفطريات الدعامية

5-7-4 شعبة الفطريات الكيتريدية Chytridiomycota:

تضم هذه الشعبة صفاً واحداً Chytridiomycetes يحوي أكثر من 900 نوع موزعة في خمس رتب. ينمو معظم الفطريات الكيتريدية هوائياً في التربة, الدبال, أو في الماء مشكلةً أبواغا سابحةً ذات سوط واحد خلفي أملس, رغم كون الأبواغ السابحة لبعض أفراد رتبة Neocallimastigales عديدة السياط.

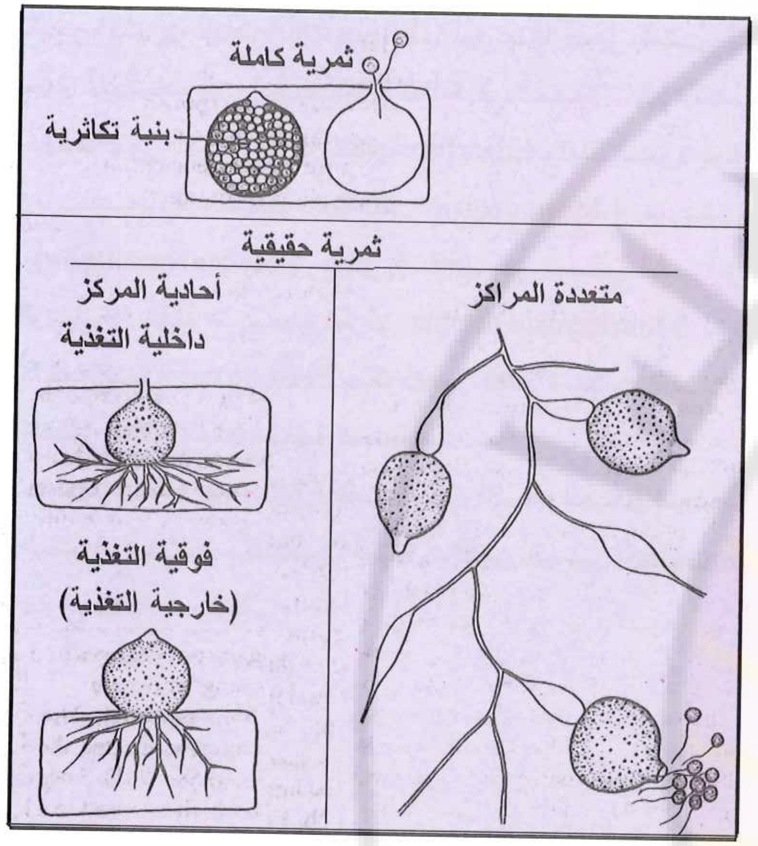
العديد من أفراد هذه المجموعة رمي التغذية ويستخدم السيلولوز, الكيتين, الكيراتين, البقايا النباتية والحيوانية في التربة والدبال, بينما يحيا بعضها متطفلاً على فطريات التربة وخيوط الطحالب والمشطورات مما يؤثر سلباً في المجتمعات البلانكتونية النباتية, ويمكن لبعض الأنواع كأنواع جنس *Synchytrium* و *Olpidium* أن تتطفل على النباتات الوعائية.

يسبب النوع *Synchytrium endobioticum* مرض التثالل الأسود Black wart disease على درنات البطاطا, أما النوع *Olpidium brassicae* فيسبب الأذى لجذور نباتات عديدة, ويكون وسيلة لنقل فيروسات عديدة لداخل خلايا المضيف.

تتنوع أشكال المشرة لدى الكيتريديات ففي جنسي *Synchytrium* و *Olpidium* لا نلاحظ أي تمايز في المشرة لجزء إعاشي وجزء تكاثري وتكون المشرة مُتَضَمَنةً بشكل عام داخل خلية المضيف, وعند النضج تتحول المشرة برمتها إلى وحدة تكاثرية تتمثل بكيس أبواغ سابحة أو كيس أعراس أو كيس أبواغ ساكنة, وتسمى مثل هذه

المشرة بالمشرة الثمرية الكاملة Holocarpic. أما عندما تتمايز المشرة إلى عضو تكاثري يحمل أشباه جذيرات Rhizoids تساعد في الحصول على الغذاء من الخلية المضيفة فعندها تكون المشرة ثمريةً حقيقيةً Eucarpic ولهذه المشرة أنماط, فقد تكون المشرة وحيدة المركز Monocentric thallus أو مشرة متعددة المراكز Polycentric thallus (شكل 5-37), وفي بعض الأنواع نجد كلا النمطين. ونميز في المشرات وحيدة المركز Monocentric thallus نموذجين:

- داخلية التغذية Endobiotic حيث تتطور المشرة بالكامل (أشباه الجذيرات وعضو التكاثر) داخل الخلية المضيفة.
- خارجية التغذية Epibiotic حيث تتشكل أشباه الجذيرات داخل الخلية المضيفة, أما الجزء التكاثري المتمثل بالكيس البوغي Sporangium فيتكون خارج الخلية المضيفة.


ثمرية كاملة
بنية تكاثرية
ثمرية حقيقية
أحادية المركز
داخلية التغذية
فوقية التغذية
(خارجية التغذية)
متعددة المراكز

(شكل5-37): شكل تخطيطي يوضح نماذج بنية المشرات لدى الفطريات الكيتريدية

يأخذ كيس الأبواغ السابحة شكلاً كروياً أو كُمَّثرياً ويمتد منه أنبوبة أو أكثر من أنابيب الانطلاق تتحرر عبرها الأبواغ كما في جنس *Olpidium*, وقد تتحرر الأبواغ عبر فوهة في قمة الكيس البوغي.

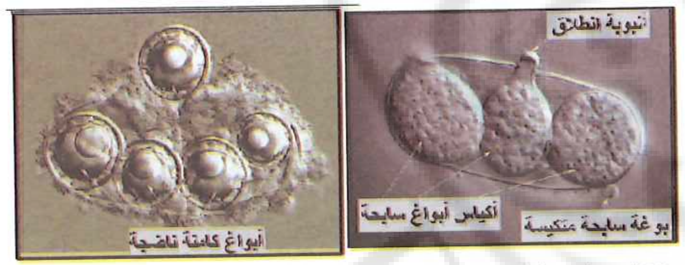
5-7-4-1 رتبة Spizellomycetales:

جنس *Olpidium*:

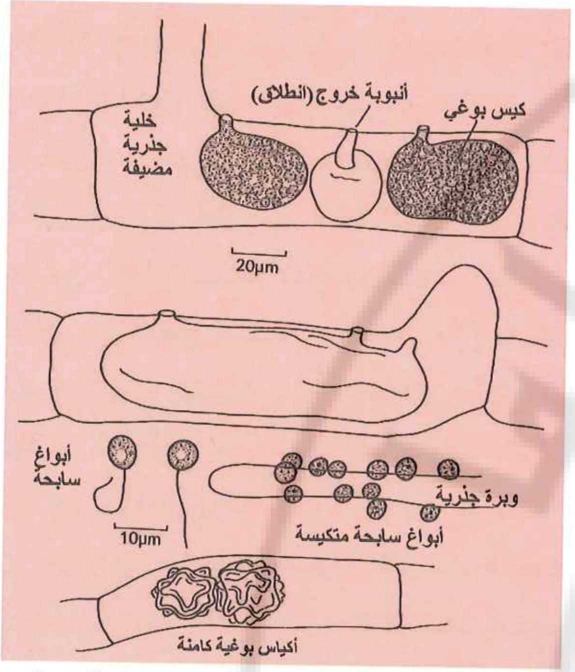
تكون مشرة الأنواع النموذجية من النمط الثمري الكامل Holocarpic. يتطفل بعض الأنواع على الفطريات والنباتات المائية أو الطحالب, الدوارات Rotifers, النيماتودا Nematodes وبيوضها (شكل 5-38)، و بعضها يتطفل على أوراق وجذور النباتات الراقية، وقد يحيا بعضها رمياً على المآبر.

يتطفل النوع *Olpidium brassicae* على جذور نباتات الملفوف, الكرنب والزهرة, وخصوصاً في الترب الرطبة, وقد سجل تطفله على طيف واسع من النباتات. ويُعتبر هذا الجنس ناقل جيد للفيروسات التي تصيب النباتات. تحوي بشرة الجذور المصابة وأوبارها الجذرية مشرةً كروية أو أكثر تملأ الخلية بالكامل أحياناً. تنقسم سيتوبلاسما مشرة الفطر إلى عدد من الأبواغ السابحة, تسبح بسوط واحد خلفي, وتتحرر من أنبوبة انطلاق أو أكثر تخترق جدار الخلية المضيفة. تسبح الأبواغ السابحة في الماء لمدة 20 دقيقة ثم تتكيس. تلتصق الأبواغ المتكيسة بمادة مخاطية لزجة إلى الوبرة الجذرية أو إلى جدار الخلية الجذرية المضيفة. تنحل الجدران في منطقة الالتصاق ويدخل محتوى البوغة المتكيسة إلى داخل خلية الجذر المضيف وربما عبر حويصلة تمتد من داخل الكيس ويبقى الكيس الفارغ خارج الخلية المضيفة وتظهر مشرة الفطر خلال فترة وجيزة داخل الخلية المصابة, حيث تنقسم النوى عدة انقسامات ثم تتحول إلى عدد من الأبواغ السابحة لا تلبث أن تتحرر عبر أنبوبة انطلاق أو أكثر (شكل 5-39). يمكن أن ينتقل عبر الأبواغ السابحة فيروسات عديدة ممرضة للنباتات مثل فيروس نيكروز التبغ Tobacco necrosis virus وفيروس نيكروز الخيار Cucumber necrosis virus وغيرها من الفيروسات.

كان يُصنَّف هذا الجنس ضمن فصيلة Olpidiaceae في رتبة Chytridiales ولكن تم تعديل موقعه التصنيفي فوضع هذا الجنس ضمن رتبة Spizellomycetales استناداً إلى تماثل شكلية الأبواغ السابحة. أما تحاليل التتابع النيكليوتيدي في جزيئات DNA فما تزال تحتاج لمزيد من الدراسة.



(شكل 5-38): تطور فطر *Olpidium vermicola* في بيضة أحد الديدان الخيطية (نيماتودا)


خلية جذرية مضيفة
أنبوبة خروج (انطلاق)
كيس بوغي
20μm
أبواغ سابحة
وبرة جذرية
10μm
أبواغ سابحة متكيسة
أكياس بوغية كامنة

(شكل 5–39): تطور فطر *Olpidium brassicae* في جذور الملفوف

2-4-7-5 رتبة Blastocladiales:

معظم أفراد هذه الرتبة رمية في التربة, والماء, والطين وعلى بقايا النباتات والحيوانات المائية, إلا أن بعضها ممرض للنباتات والحيوانات اللافقارية والفطريات. تبدي أفراد هذه الرتبة حلقات حياة شديدة التنوع, ويلاحظ لدى بعضها تعاقباً بين مشرات عروسية 1n Gametothallic ومشرات بوغية 2n Sporothallic.

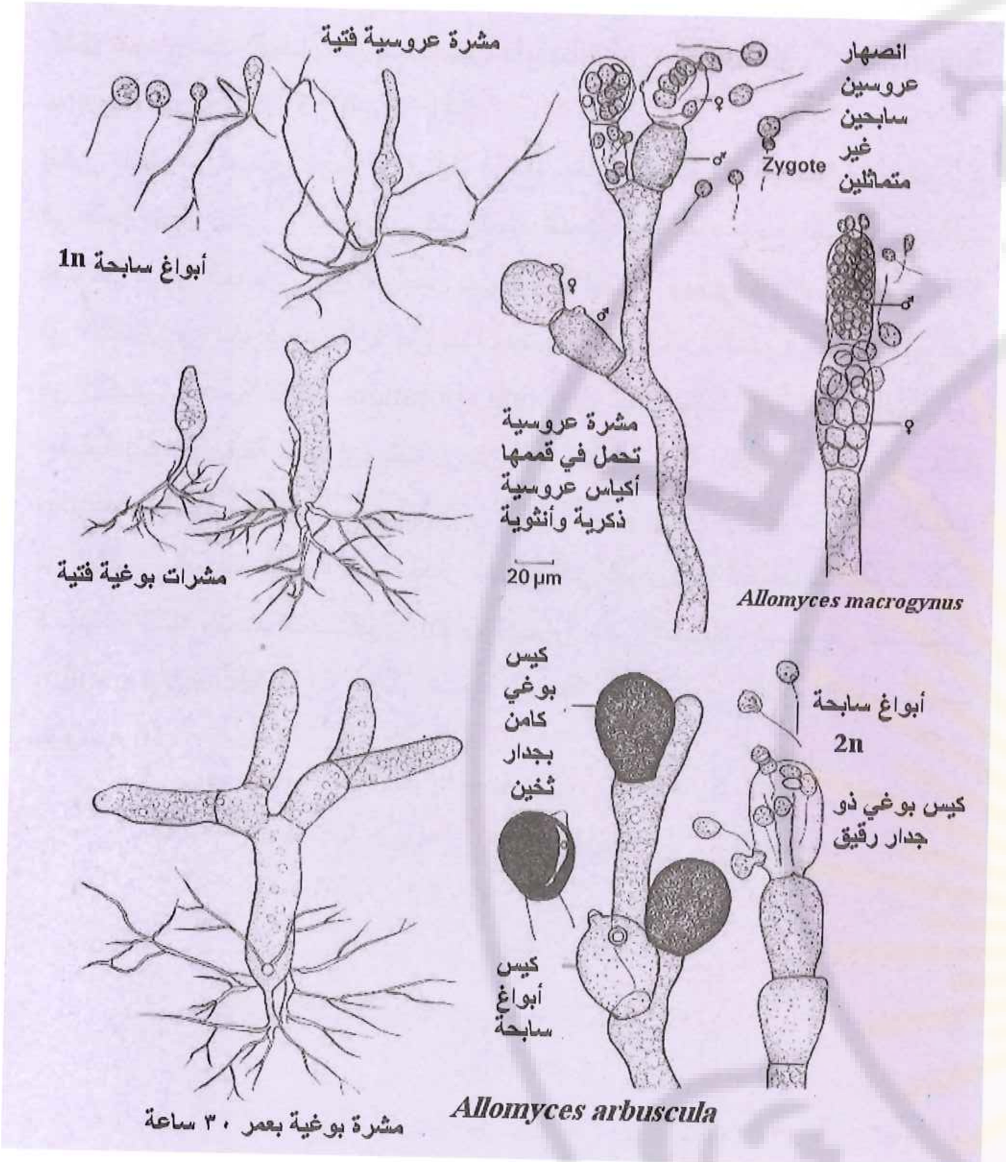
جنس *Allomyces*:

ينتشر هذا الجنس في كل أنحاء العالم لاسيما في وحل وترب المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية بما فيها الترب الصحراوية. ويمكن استزراعه بوضع كمية من التربة الجافة في الماء مع كمية من بذور القنب المغلية, وسرعان ما يتشكل الأبواغ السابحة على بذور القنب هذه؛ وقد ميز الباحثون ثلاثة نماذج من حلقات الحياة تتمثل بثلاثة تحت أجناس, وسوف نتعرض لنموذج واحد هو نموذج *Eu-Allomyces*.

تحت جنس *Eu-Allomyces*:

يتمثل نموذج تحت الجنس هذا بالنوعين *Allomyces arbuscula* و *Allomyces macrogynus* (شكل 5-40 و5-41).

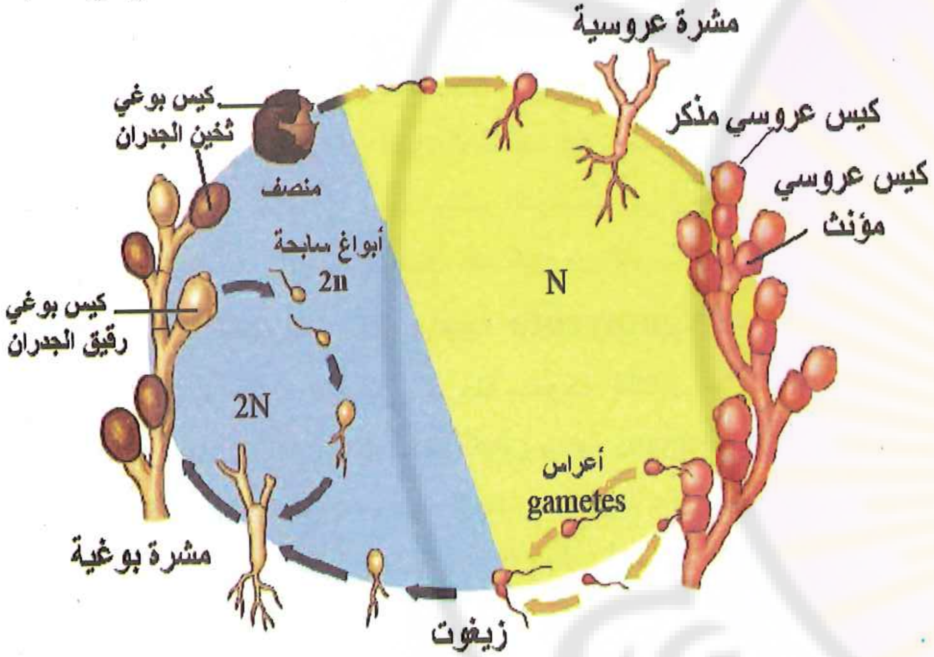
يتكون الفطر من محور أسطواني يتثبت في الوسط بمجموعة من الجذيرات ويتفرع في القمة بشكل ثنائي أو يعطي فروعاً جانبية, تنفصل هذه الفروع بحواجز كاذبة ذات ثقب في مركز الحاجز يؤمن التواصل بين أجزاء المشرة, ويبدي هذا النموذج تبادلاً في الأجيال بين مشرتين: مشرة عروسية ومشرة بوغية.تحمل المشرة البوغية نوعين من الأكياس البوغية الكامنة Resting sporangia. يتمثل النمط الأول من الأكياس البوغية بأكياس رقيقة الجدران, تتشكل مفردة أو بشكل سلسلة يتحرر منها أبواغ سابحة مضاعفة الصيغة الصبغية, يمكن أن تنتش فتشكل مشرة بوغية جديدة.أما النمط الثاني من الأكياس البوغية الكامنة فذات جدار ثخين تعاني النوى فيها انقساماً منصفاً ثم تتقسم السيتوبلاسما وتحيط بالنوى 1n ويتحرر من الكيس البوغي المسمى Meiosporangium أبواغ سابحة نصفية الصيغة 1n يمكن أن تتطور إلى مشرات عروسية 1n.


مشرة عروسية فتية
أبواغ سابحة 1n
انصهار
عروسين
سابحين
غير
متماثلين
Zygote
♀
♂
مشرة عروسية
تحمل في قممها
أكياس عروسية
ذكرية وأنثوية
20 μm
Allomyces macrogynus
مشرات بوغية فتية
كيس
بوغي
كامن
بجدار
ثخين
أبواغ سابحة
2n
كيس بوغي ذو
جدار رقيق
كيس
أبواغ
سابحة
مشرة بوغية بعمر ٣٠ ساعة
Allomyces arbuscula

(شكل5–40): مراحل من حلقة حياة نوعين من جنس ***Allomyces***

تحمل المشرة العروسية هذه في قممها أكياساً عروسية ذكرية وأنثوية فهي وحيدة المسكن Monoecious. ففي النوع *Allomyces arbuscula* يتوضع الكيس العروسي الذكري تحت الكيس العروسي الأنثوي، وينعكس هذا التوضع في النوع *A.macrogynus* حيث يتوضع الكيس العروسي الذكري فوق الأنثوي ويكون برتقالي

اللون أما الأنثوي فيكون عديم اللون. يتمايز محتوى الأكياس العروسية إلى أعراس وحيدة النواة تختلف بالحجم واللون، فأعراس الكيس العروسي الأنثوي تكون سابحة كبيرة وعديمة اللون أما أعراس الكيس الذكري فتكون سابحة,أصغر وأنشط وذات لون برتقالي. تتزاوج الأعراس السابحة الذكرية والأنثوية مثنى مثنى, ويسهل ذلك إفراز الأكياس العروسية الأنثوية خلال تمايزها لهورمون السيرينين, الأمر الذي يدفع الأعراس الذكرية للانجذاب كيميائياً. كما أن هورموناً آخر يجذب الأعراس الأنثوية نحو الذكرية ويتم إفرازه من قبل الأعراس الذكرية, إلا أن بنيته لم تتحدد حتى الآن. ويتشكل نتيجة انصهار عروس ذكري مع عروس أنثوي بيضة ملقحة تسبح في البداية بسوطين ثم تتكيس, ونشير هنا إلى أن الأعراس التي لا تنجح بالتزاوج يمكنها أن تسلك سلوك أبواغ سابحة وتتكيس ثم تنتش لتعطي من جديد مشرة عروسية. أما البيضة الملقحة 2n فتتطور إلى مشرة بوغية تحمل نمطين من الأكياس البوغية وهكذا تكتمل حلقة الحياة ويكون فيها تعاقب الأجيال من النمط المتماثل Isomorphic alternation of generations. لقد أجرى بعض الباحثين دراسات خلوية ووراثية


مشرة عروسية
كيس بوغي ثخين الجدران
كيس عروسي مذكر
كيس عروسي مؤنث
منصف
أبواغ سابحة 2n
N
كيس بوغي رقيق الجدران
2N
أعراس gametes
مشرة بوغية
زيغوت

(شكل5−41): التكاثر وحلقة الحياة في فطر ***Allomyces macrogynus***

على عدد من العينات تعود لأنواع مختلفة من جنس *Allomyces* وأجروا عليها دراسات تهجينية مختلفة. فقد تم التهجين بين النوعين *Allomyces arbuscula* و *A.macrogynus* في المختبر وكان ناتج التهجين متمثلاً بنوع وُصف تحت اسم *A. javanicus*. وقد أظهرت الدراسات اختلافات كبيرة في عدد الصبغيات بين الأنواع المختلفة والمهجنة. يحتوي النوع *Allomyces arbuscula* على 8 صبغيات بشكل أساسي ولكن لوحظ وجود سلالات تملك الأعداد الصبغية التالية 16, 24 ,32 صبغي, أما النوع *A.macrogynus* فيتمثل عدد صبغياته بالأساس 14 صبغي ولكن سجل وجود سلالات تملك أعداداً صبغية أخرى 28 و 56 صبغي. ويُعد وجود أكثر من صيغة صبغية Polyploid ضمن النوع نفسه في هذين النوعين شيئاً فريداً وهو الأول من نوعه لدى الفطريات. ويعد سلوك السلالات المهجنة أمراً مثيراً وملفتاً للنظر. ومن الأمور الملفتة للنظر أيضاً من هذا القبيل الاختلاف في توضع الأكياس العروسية الذكرية والأنثوية الذي أشرنا إليه سابقاً. وتشير الدراسات إلى أن السيطرة على أمر كهذا يتم من إشارة تصدر من خلال تدخل عدد كبير من المورثات.

5-7-5 شعبة الفطريات الازدواجية Zygomycota:

يغيب لدى أفراد هذه الشعبة أي مرحلة متحركة. فالتكاثر اللاجنسي يتم بأبواغ غير سابحة Aplanospore تتشكل داخل أكياس بوغية Sporangiospores, تنتشر هذه الأبواغ بالرياح, وبالحشرات, وبمياه الأمطار. ويُلاحظ لدى بعض الأجناس حدوث قذف قوي للكيس البوغي (كما في جنس *Pilobolus*) أو قذف للأبواغ مفردةً (كما في جنس *Entomophthora*). أما التكاثر الجنسي فهو من نمط التزاوج المتماثل الأعراس Isogamous, ويتم باندماج كيسين عروسيين, ويؤدي ذلك إلى تشكل بوغة ازدواجية Zygospore. أما المشيجة فأنبوبية Coenocytic. يحوي الجدار الخلوي على الكيتين ومشتقاته كالكيتوزان ويشير الكثير من الباحثين إلى أن هذه المجموعة ربما انحدرت من الفطريات الكيتريدية Chytridiomycota. وبدورها فإن الفطريات الازدواجية قد اشتُق منها الفطريات الراقية (الزقية والدعامية).

تضم شعبة الفطريات الازدواجية صفين:

- صف الفطريات الازدواجية Zygomycetes: الذي يضم 870 نوعاً موزعة في 10 رتب.
- صف الفطريات الخيطية Trichomycetes: الذي يضم 218 نوع موزعة في ثلاث رتب.

وأشهر رتب صف الفطريات الازدواجية: Mucorales, Entomophthorales, Glomales.

تحيا أفراد رتبة Mucorales رمية في التربة رغم أن قلة من أفرادها يتطفل على النباتات والحيوانات. أما رتبة Entomophthorales فتضم عدداً من الأفراد المتطفلة على الحشرات, رغم أن بعض أفرادها يعيش حياةً رمية. أما أفراد رتبة Glomales فتحيا حياة تعايشية مع جذور النباتات الأرضية مشكلةً ما يسمى بالفطريات الجذرية الداخلية الحويصلية الشجيرية Vesicular-Arbuscular Mycorrhizas (VAM أو AM). أما أفراد صف الفطريات الخيطية Trichomycetes فتعيش عموماً في القنوات الهضمية لمفصليات الأرجل والديدان الألفية ويرقات الحشرات المائية.

صف الفطريات الازدواجية Zygomycetes:

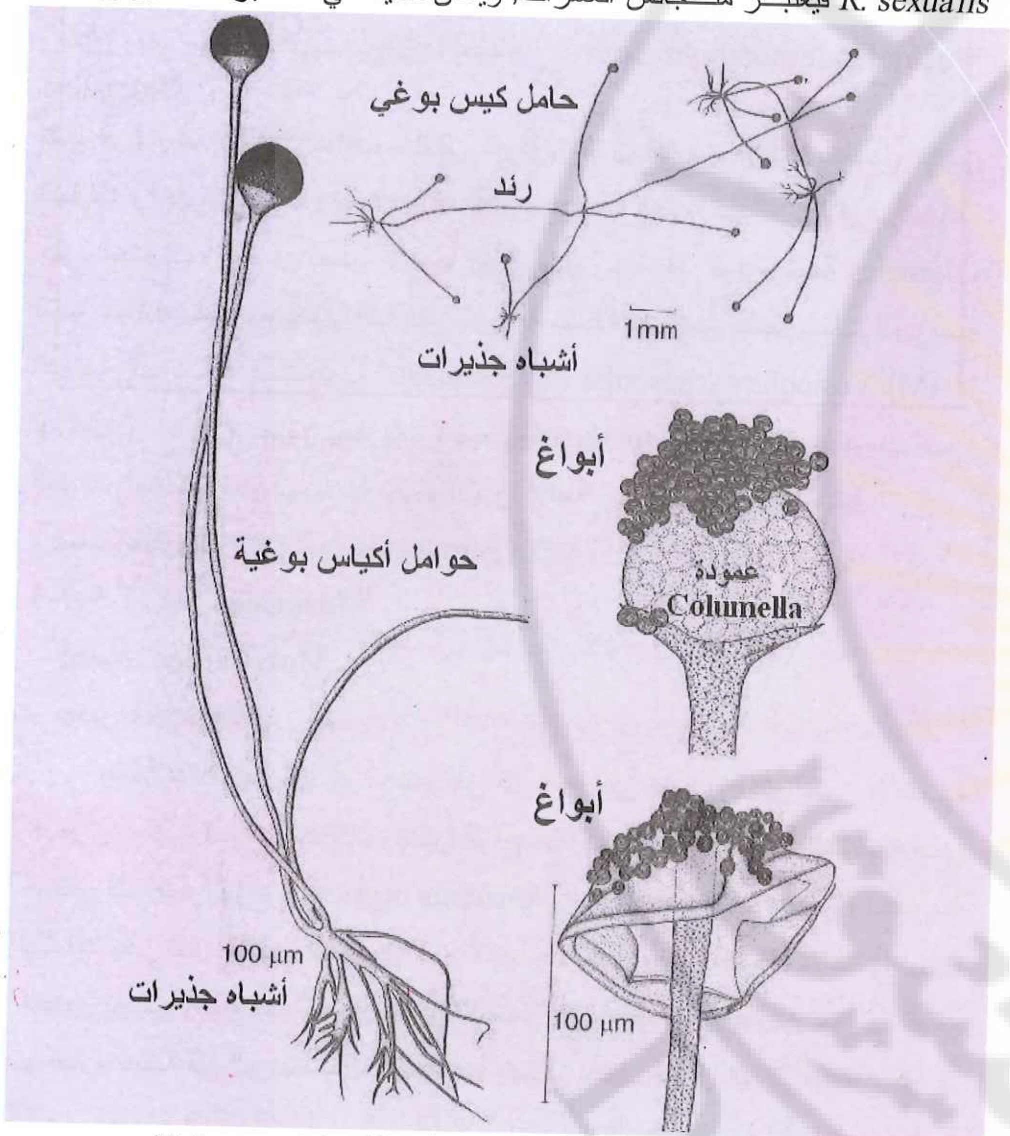
5-7-5-1 رتبة Mucorales

فصيلة Mucoraceae

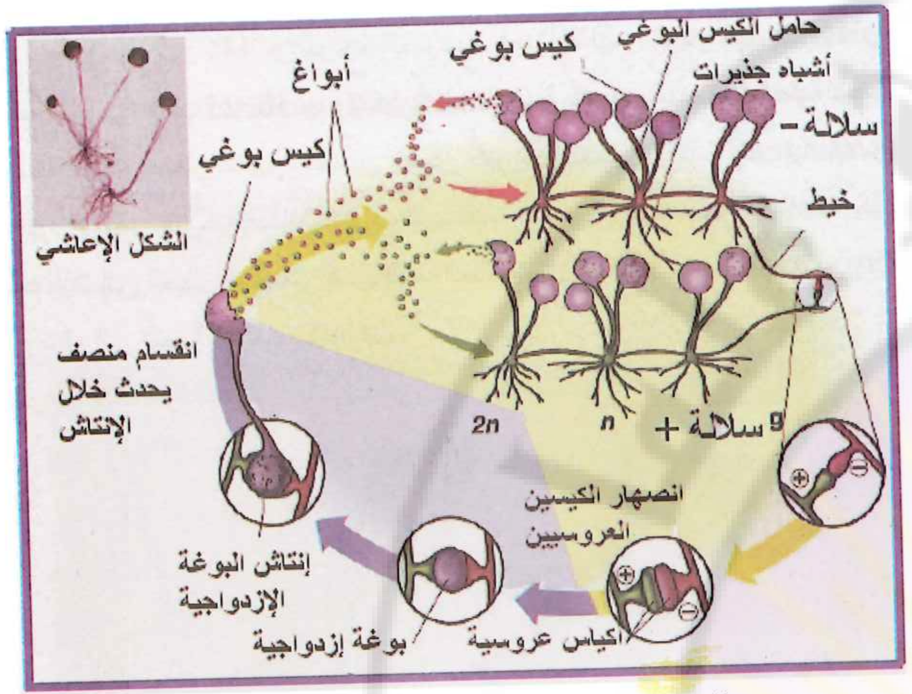
جنس *Rhizopus*:

يضم هذا الجنس 10 أنواع تنمو في التربة, وعلى الثمار والكثير من الأغذية الأخرى, وعلى المواد المتفككة. وتعتبر أنواع هذا الجنس من الملوثات الشائعة في المختبرات. ينمو النوع *Rhizopus stolonifer = Rhizopus nigricans* بسرعة ويُشاهد على ثمار الفاكهة المحفوظة في الأجواء الرطبة. ويتميز الشكل الإعاشي لهذا الجنس بوجود أشباه جذيرات Rhizoids تتشكل في قاعدة مجموعة من حوامل أكياس بوغية منتصبة في الهواء بشكل مجموعات وينتهي حامل الكيس البوغي بانتفاخ كروي يُسمى العمودة (شكل 5−42 و 5−43) الذي يزيد من السطح لتغذية الأبواغ المحيطة

به داخل الكيس البوغي. وتستخدم بعض أنواع هذا الجنس مثل R.oryzae, R. microsporus في تخمير الحبوب كالرز. وتعتبر بعض الأنواع مثل R. arrhizus, R. microsporus ممرضة للإنسان وتشترك في الأمراض المسماة Mucoromycosis. معظم أنواع هذا الجنس متخالفة المشرات ولكن بعضها مثل R. sexualis فيُعتبر متجانس المشرات, ويمكن تنميته في المختبر خلال يومين.


حامل كيس بوغي
رئد
1mm
أشباه جذيرات
أبواغ
عمودة
Columella
حوامل أكياس بوغية
أبواغ
100 µm
أشباه جذيرات
100 µm

(شكل 5-42): الشكل الإعاشي لفطر *Rhizopus stolonifer*


حامل الكيس البوغي
كيس بوغي
أشباه جذيرات
أبواغ
سلالة -
كيس بوغي
خيط
الشكل الإعاشي
انقسام منصف يحدث خلال الإنتاش
2n
n
سلالة +
انصهار الكيسين العروسيين
إنتاش البوغة الإزدواجية
بوغة إزدواجية
أكياس عروسية

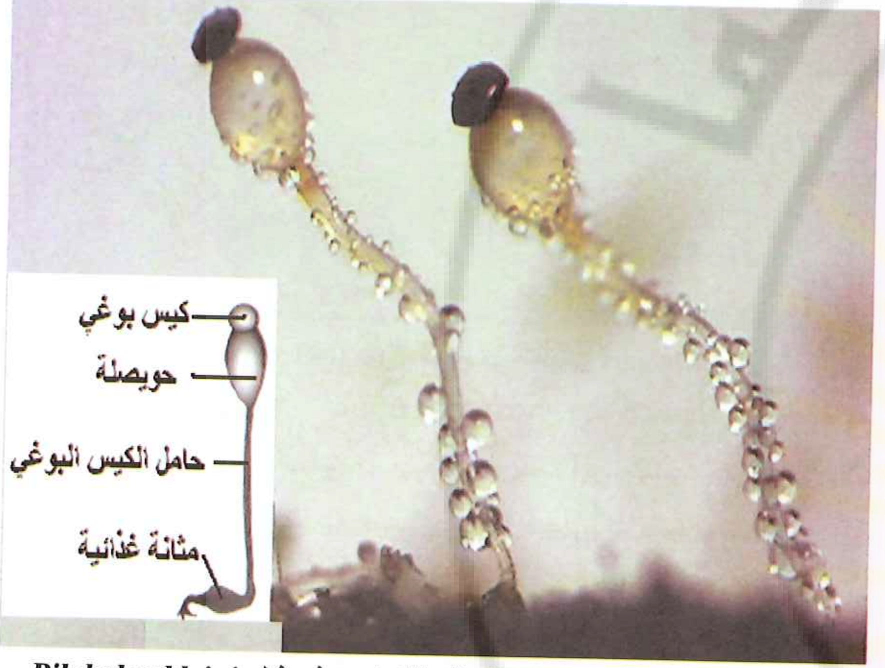
(شكل 5–43): دورة الحياة في الجنس *Rhizopus*

فصيلة Pilobolaceae

جنس *Pilobolus*:

ويعني اسم هذا الجنس القبعة المقذوفة كناية عن اندفاع وتحرر الكيس البوغي بشكل قوي. ويمكن استنبات الفطر من حضن روث طازج لحيوانات عاشبة (الأغنام,الخيول، الأرانب....) في الضوء وخلال 4–7 أيام تخرج حوامل الأكياس البوغية الذي يحمل كل منها في قمته كيساً بوغياً بشكل القبعة السوداء ذا جدار ثخين وفي أسفله يترسب الكيتين الذي يصبح مخاطياً عند النضج. ينتفخ الجزء العلوي من حامل الكيس البوغي ليشكل حويصلة مملوءة بالسوائل وتكون حساسة للأشعة الضوئية لذلك يكون الكيس البوغي موجب الانجذاب نحو الضوء, وعند ازدياد ضغط السوائل في الحويصلة, تنفجر قاذفة معها كيس الأبواغ إلى مسافات بعيدة 1– 2,5م ليلتصق بالأعشاب المجاورة بمادة مخاطية, وعندما تُلتهم هذه الأعشاب من قبل الحيوانات العاشبة يمر الكيس البوغي في جهازها الهضمي وتخرج الأبواغ لتنمو على الروث

من جديد (شكل 5- 44). إن درجة الحموضة المناسبة لنمو الفطر هي pH=6,5 أما درجة الحرارة فهي 25-30 ْم، ويمكن تنمية الفطر في وسط صنعي بإغنائه بالاسبارجين وحمض الخل والثيامين ويمكن تحريض تشكل الأكياس البوغية بالأمونيا, وتعتبر الأكياس البوغية لهذا الجنس، والساقطة على الأعشاب، ناقلات جيدة للنيماتودا, إلى الجهاز الهضمي للحيوانات العاشبة مثل نيماتودا *Dictyocaulus* spp. التي تُنقل إلى الجهاز الهضمي للأغنام.



(شكل5-44): الشكل الإعاشي والتكاثر اللاجنسي في فطر *Pilobolus kleini*

5-7-5-2 رتبة Glomales:

ينتمي إلى هذه الرتبة فطريات ذات أهمية كبيرة تتعايش مع جذور الكثير من النباتات مشكلة ما يسمى بالفطريات الجذرية الحويصلية الشجيرية:

Vesicular Arbuscular Mycorrhizas

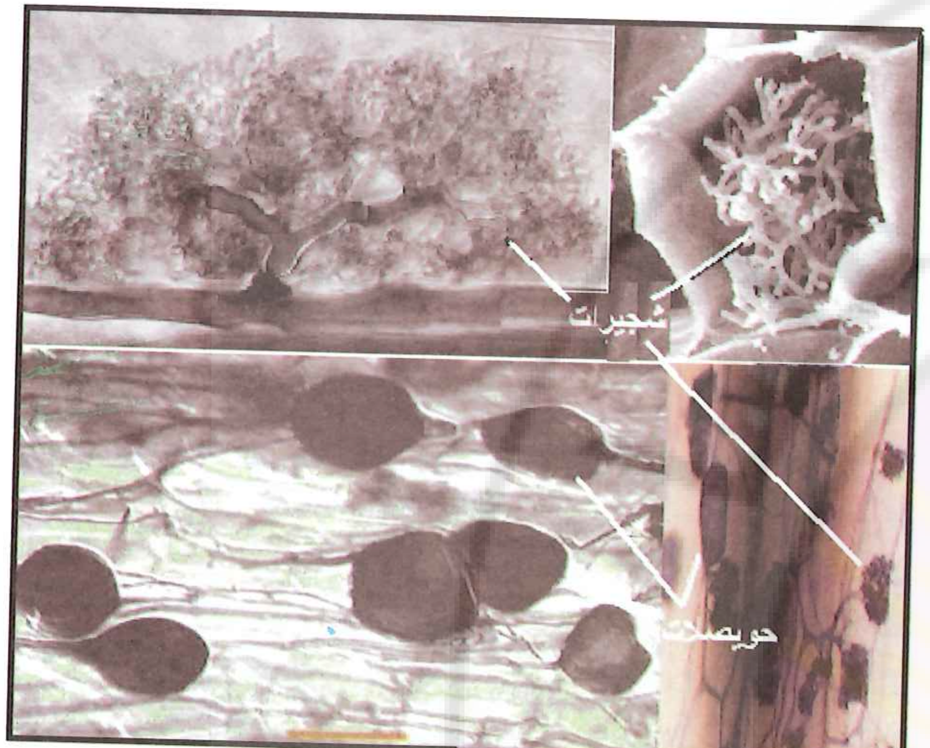
الفطريات الجذرية الحويصلية الشجيرية: هي تعايش بين جذور معظم النباتات ومجموعة محدودة من الفطريات ذات خيوط أنبوبية لا حاجزية تنتمي لرتبة أنشئت حديثاً هي رتبة Glomales بعد أن كانت تصنف ضمن رتبة Endogonales حيث

اقتصرت أنواع هذه الرتبة الأخيرة حالياً على جنس واحد هو Endogone, يشكل فيه النوع *E. flammicorona* فطريات جذرية خارجية مع بعض نباتات الفصيلة الصنوبرية *Pinaceae*. علماً أن بعض الباحثين مثل Schüßler et al.(2001) يفضلون وضع فطريات هذه المجموعة التي تشكل فطريات جذرية داخلية حويصلية شجيرية في شعبة مستقلة تدعى Glomeromycota بدل الرتبة المذكورة لأنهم يرون أن ارتباطها مع الفطريات الازدواجية ضعيف. ويعتبر هذا النمط من الفطريات الجذرية أحد الأنماط السبعة من الفطريات الجذرية , الأكثر إنتشاراً في العالم النباتي.

تتميز معظم الفطريات الجذرية الحويصلية الشجيرية تشريحياً بوجود خيوط فطرية لا حاجزية داخل أو بين خلايا قشرة الجذر المضيف, وبوجود شجيرات تنجم عن تفرع نهايات الخيوط الفطرية, وبوجود خيوط فطرية خارجية تصل الجذر بالتربة, وبوجود أبواغ تتشكل على هذه الخيوط الفطرية الخارجية. تأتي تسمية هذه المجموعة بالفطريات الجذرية الحويصلية الشجيرية من البنيات التي تشكلها والمتمثلة بالحويصلات Vesicles (أجسام تخزينية مليئة بالدهون والمدخرات، وعضيات لمكرزة مستقبلية) والشجيرات Arbuscules (مكان تبادل الغذاء بين الشريكين).

بعض الأجناس مثل *Gigaspora* and *Scutellospora* يمكن أن تشكل أجسام (حويصلات) مساعدة احتياطية على الخيوط الفطرية خارج الجذر ولكنها لاتشكل حويصلات داخل خلايا الجذر إنما تشكل شجيرات فقط ولذلك يطلق على هذا التعايش هنا بالفطريات الجذرية الشجيرية Arbuscular mycorrhizas (AM).

لا يمكن ملاحظة هذا النمط من الفطريات الجذرية والكشف عنه إلا بالفحص المجهري وبعد التلوين, وهناك عدة طرق لتلوينها ويستخدم عادة ملونات مثل أحمر الفوكسين Acid fuchsin وأزرق التريبان Trypan blue و الكلورازول Chlorazol black E (شكل 5-45).



(شكل5-45): توضيح للحويصلات والشجيرات في الفطريات الجذرية VAM بعد تلوينها وفحصها بالمجهرالضوئي والإلكتروني

تحسن الفطريات الجذرية عموماً والفطريات الجذرية VAM بشكل خاص امتصاص الماء والمغذيات من قبل النبات المضيف و تزيد من قدرة تحمله للجفاف, الملوحة, المعادن الثقيلة, و العوامل الممرضة في التربة كما تحسن من تماسك التربة واستقرارها. أما الشريك الفطري فيستفيد من مصادر الطاقة التي ينتجها المضيف بفضل عملية التركيب الضوئي, لا سيما وأن الفطر لا يحوي على اليخضور ولا يستطيع صنع حاجته من مركبات الطاقة بنفسه.

النباتات المشاركة في هذا التعايش (VAM):

يبدي أكثر من 80% من النباتات الوعائية هذا النمط من الفطريات الجذرية, كما لوحظ هذا التعايش لدى بعض السراخس من حقيقيات المغلفات البوغية والنباتات العروسية

لبعض أنواعها, وبعض أرجل الذئب, وبعض الكبديات. كما أظهرت بعض عريانات البذور هذا النمط من التعايش ومعظم مغلفات البذور.

بعض فصائل مغلفات البذور التي تشير الكثير من المراجع لعدم مكرزتها, فإن أبحاثاً أخرى أشارت إلى إمكانية مكرزتها في ظروف معينة نذكر منها الفصيلة الملفوفية Brassicaceae كالملفوف والخردل والفصيلة السرمقية (الوزية) Chenopodiaceae كالسبانخ والشوندر السكري (الأشقر والقاضي,2000 ؛ الأشقر وحسين علي,2007). بعض فصائل النباتات المائية والبردي ربما تملك نسبة مكرزة ضعيفة بالفطريات الجذرية VAM لاسيما إذا جمعت ودرست في وقت غير مناسب من السنة. درست الفطريات الجذرية VAM بشكل واسع في معظم النظم البيئية في العالم ووجدت على جذور أهم المحاصيل الزراعية: الذرة, الأرز، فول الصويا، المحاصيل العلفية.... العنب وأشجار الفاكهة، الورد، القطن, القرنفل, البيتونيا،........

ورغم أن التلقيح بها في الزراعة, يزيد الإنتاجية النباتية، إلا أن عدم إمكانية استنبات الفطريات المتورطة في هذا التعايش في الزجاج بمعزل عن النبات المضيف, جعل دراستها واستخدامها في التلقيح على مستوى صناعي صعب جداً وبالتالي حد من استخدامها في عمليات الزراعة الواسعة.

الفطريات المساهمة في هذا التعايش (VAM):

تنتمي الفطريات المساهمة في تشكيل الفطريات الجذرية VAM في بعض التصانيف إلى رتبة Glomales والتي تضم حوالي 150 نوعاً و 8 أجناس وتحت رتبتين:

* تحت رتبة Glomineae وتضم فصيلتين (Acaulosporaceae, Glomaceae).

* تحت رتبة Gigasporineae وتضم فصيلة واحدة (Gigasporaceae).

ومن أهم أجناس رتبة Glomales: *Glomus*, *Paraglomus*, *Sclerocystis*, *Archaeospora*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Entrophospora*. يأتي التحدي في تصنيفها بسبب الاختلافات الكبيرة بين عزلات هذه الأنواع, وغياب بنيات التكاثر الجنسي. ومع ذلك فإن الدراسات المبنية

على تحاليل DNA تشير إلى الارتباط الكبير بين فطريات هذه المجموعة والفطريات الدعامية والزقية.

يمر تشكل الفطريات الجذرية VAM بعدة مراحل: تبدأ من تعرف الخيط الفطري على الجذر, إلى تشكل الضاغطات، وعبورالخيط اعتباراً من خلايا بشرة الجذر أو عبر الأوبار الجذرية واختراقها , تطور وامتداد الخيوط الفطرية بين أو داخل خلايا جذر المضيف عبر الخلايا القصيرة في قشرة الجذر، ثم تشكل الشجيرات داخل الخلايا, وربما تشكل الحويصلات بين أو داخل خلايا قشرة الجذر. وكل ذلك من خلال سيطرة وراثية تحتاج لمزيد من الدراسة. وقد بدأ حديثاً استخدام طفرات توقف هذه المرحلة أو تلك لفهم أفضل لميكانيكية المكرزة. ومن الجدير بالذكر أن الحويصلات والشجيرات المتشكلة تبقى مفصولةً عن سيتوبلاسما الجذر بغشاء مشتق من المضيف وبسردة مشتركة, يشبهها الباحثون بأصابع اليد عندما تدخل في القفاز. إن فترة حياة الشجيرة قصيرة وتتمثل بعدة أيام لذلك يعتقد بأن انتقال المغذيات من الشجيرة إلى خلية النبات المضيف يستمر حتى خلال تفكك الشجيرة لاحقاً. يأتي تشكل الحويصلات عادةً بعد تشكل الشجيرات، وهذا يشير إلى دور الشجيرات في تزويد الفطر بالسكاكر من المضيف تهيئةً لتشكل تلك الحويصلات. إن للمشيجة الفطرية المنتشرة خارج الجذر فوائد عديدة تتمثل بما يلي:

- امتصاص ونقل العناصر المعدنية المغذية مثل الفوسفور من محلول التربة إلى الجذور وبالتالي تزيد من مساحة السطح المستثمر.
- تؤثر على درجة حموضة التربة الملاصقة لها الأمر الذي يؤدي لزيادة دخول وامتصاص بعض العناصر.
- تشكل جسور خيطية بين جذور أنواع نباتية لاتقوم بالبناء الضوئي وأخرى تقوم به.
- تشكل المشيجة الفطرية الخارجية مصدر لقاح للجذور الجديدة المتشكلة.
- تشكل المشيجة الخارجية مصدر استقرار في التربة حيث تلتصق حبيبات التربة إلى سطح الخيوط الفطرية بسبب إنتاجها للبروتين السكري المسمى الغلومالين، وبالتالي الحفاظ على بنية واستقرار التربة.

- تؤدي المشيجة الخارجية دوراً مهماً في تشكل الأبواغ التي تمثل لقاحاً فطرياً مهماً يساعد في انتشار الفطر في المستقبل.

الأبواغ الفطرية لفطريات VAM:

تستخدم خصائص الأبواغ الفطرية من حجم ولون وطبقات جدارية وخيطها الحامل (الممتد منها)، في تصنيف وتحديد هوية الفطر الممكرز في هذا النمط من الفطريات الجذرية. ويجب أن تعتمد المعلومات على أبواغ ناضجة بالغة وباستخدام المجهر الضوئي. ويتم تطور البوغة اعتباراً من امتداد مفرد لقمة الخيوط الفطرية خارج الجذور أو لمجموعة قمم اجتمعت لتشكل بذلك ثمرة بوغية. والجدير بالذكر أن هذه الأبواغ هي أبواغ كلاميدية تتشكل لا جنسياً حيث لم يتم اكتشف وجود أبواغ جنسية لدى الفطريات المتورطة قي هذا النمط من التعايش, ويعتبر هذا السبب من أهم الأسباب التي جعلت الباحثين يضعون الفطريات المتورطة في هذا النمط من التعايش في شعبة مستقلة, وفصلها عن الفطريات الازدواجية التي كانت تصنف معها.

يتأثر تشكل أبواغ فطريات VAM بعوامل تشبه تلك المؤثرة على نمو النبات. حيث يزداد تشكلها على المشيجة الخارجية كلما اقتربنا من نهاية فصل النمو، وينخفض تشكلها بانخفاض معدل التركيب الضوئي في النبات المضيف بسبب انخفاض مايصل للجذر وبالتالي لخيوط المشيجة الخارجية من غذاء. كما يتأثر تشكل الأبواغ بالنوع النباتي المضيف والنوع الفطري المرتبط معه. وبفضل تركيبة جدار البوغة, تستطيع الأبواغ أن تبقى في التربة لعدة سنوات. وعندما ينمو نبات جديد بالقرب من هذه الأبواغ, فإن هذه الأبواغ تُحرَّض على الإنتاش وتَبدأ بتشكيل خيوط فطرية لتستوطن تلك الجذور. ورغم التركيبة المعقدة لجدر هذه الأبواغ فإن العوامل الممرضة في التربة من فطريات وجراثيم, يمكن أن تنال منها وتفقدها حيويتها.

تنتشر الأبواغ بالهواء, بالماء, وبالحيوانات الصغيرة التي تشكل وسائل مهمة في انتشارها لاسيما في التربة التي عانت من اضطرابات مختلفة كتركها دون زراعة لفترة طويلة أو زرعت بنباتات غير ممكرزة لفترات طويلة حيث تحوي مثل هذه

الترب على أعداد قليلة جداً من الأبواغ, وإن صول الأبواغ من مناطق مجاورة لهذه المناطق ذات الترب المتدهورة التي أعيد استزراعها, يعتبر مسألة حرجة.

6-7-5 شعبة الفطريات الزقية Ascomycota:

*** أهمية الفطريات الزقية:**

تعتبر هذه الشعبة من أكبر مجموعات الفطريات على الإطلاق. فقد وصف فيها 32000 نوعاً و 3400 جنساً. ويشير الباحثون إلى أن القسم الأكبر منها لم يكتشف بعد ويمكن أن يصل العدد في المستقبل إلى 20 ضعفاً أو أكثر مما هو عليه الآن. تشكل الفطريات الزقية حوالي 75% من الفطريات التي وصفت بما فيها معظم الفطريات التي تحيا متعايشة مع الطحالب لتشكل ما يسمى بالأشنات Lichens وجزء من الفطريات التي تشكل فطريات جذرية خارجية وغالبية الفطريات التي لم يتضح لديها بشكل قاطع التكاثر الجنسي. جدرها الخلوية تتكون من الكيتين والغلوكان.

يعود تسمية هذه الشعبة إلى أصل يوناني حيث يتكون من جذرين Aski ويعني كيس أو زجاجة جلدية أو زق و Mykes ويعني فطر, وهذه التسمية تعود إلى البنية (الزق Ascus) التي يتشكل فيها الأبواغ الجنسية الزقية المنصفة 1n.

من الفطريات الزقية الشائعة نذكر فطر *Saccharomyces cerevisiae* الخميري ذا الاستخدامات الهامة في الصناعات الغذائية (البيرة والخبز)، وفطر *Penicillium chrysogenum* المستخدم لإنتاج المضاد الحيوي الهام البينسيللين Penicillin، وفطريات *Tuber, Terfezia, Morchella esculentum* والكثير غيرها الصالحة للغذاء, وفطر *Neurospora crassa* المستخدم في الدراسات والأبحاث الوراثية, وتلك التي يترافق وجودها مع وجود الخشب الجاف, المسببة للعفن الجاف, وتزدهر في البيئات الجافة على قطع الأخشاب الميتة المعرضة لأشعة الشمس وللرياح الجافة, أو في ترب المناطق نصف الجافة التي يوجد فيها نباتات اليوغا Yucca، وتشكل عقداً خيطية عندما تتلامس خيوطها الفطرية مع النيماتودا Nematodes, لتؤدي دور مصائد لهذه النيماتودا. فعندما يدخل رأس النيماتودا في الشرك, فإن الضغط المائي للعقدة الخيطية يزداد فجأةً, ويتم الإمساك بالدودة, وعندها يبدأ الفطر بإرسال ممصات

داخل الدودة ويهضمها بسرعة. وبعد ذلك يشكل الفطر في ظروف التغذية المناسبة أبواغاً كونيدية لتكون وسيلة مهمة لانتشاره, وهكذا يتغذى الفطر على الأخشاب وعلى النيماتودا أيضاً. إلا أن بعضاً من هذه الفطريات قد فقد القدرة على تشكيل الزقاق. من الأمثلة الجيدة على الفطريات التي تفترس النيماتودا, جنس *Arthrobotrys*, وهو الشكل اللاجنسي لجنس *Orbilia*. يستطيع هذان الشكلان من الفطريات أن يفككا بقايا الأخشاب ويفترسا النيماتودا مما يؤمن سلامة نباتات البندورة وغيرها من المزروعات, وهذا يدخل ضمن نطاق المكافحة الحيوية الآمنة.

وهنا يجب أن لا ننس الدور المهم للكثير من الفطريات الزقية التي تتعايش مع الطحالب لتشكل الأشنات Lichens والتي سنتحدث عنها لاحقاً, وتلك التي تتعايش مع جذور النباتات لتشكل الفطريات الجذرية Mycorrhizas.

وهناك فطريات زقية أخرى ذات تأثير سلبي نذكر منها فطر *Aspergillus flavus* الذي يفرز سموم الأفلاتوكسنات Aflatoxins على الحبوب التي يصيبها في مستودعات التخزين. وكذلك فطر *Candida albicans* الذي يصيب الإنسان (الجهاز الهضمي، المهبل...) وفطر *Cryphonectria parasitica* المسؤول عن موت 4 بلايين شجرة كستناء في شرق أمريكا. وبذلك فإن الأمراض التي تسببها الفطريات الزقية تطال النباتات والحيوانات على حد سواء. فالفطريات الزقية مسؤولة عن الكثير من الأمراض التي تصيب الإنسان نذكر منها القدم الرياضي, القوباء الحلقية والأمراض الهيستوبلاسموزية والكثير من الأمراض التي تصيب الرئتين. أما عن أمراض النباتات فنذكر فطر الإيرغوت الذي يصيب الحبوب الزراعية كنبات الجودار وعفن الخبز الأحمر الذي يسببه فطر *Neurospora*, وأمراض البياض الدقيقي Downy mildews التي تسببها أفراد فصيلة Erysiphaceae وأمراض التجعد والذبول التي تسببها أفراد فصيلة Taphrinaceae على نباتات الفصيلة الوردية وغيرها من النباتات، والأمثلة كثيرة جداً يمكن أن تستعرض بعضها بالتفصيل لاحقاً.

تصنف الزقيات اللاجنسية Asexual Ascomycota كالبينيسيليوم وفطر الكانديدا ضمن الفطريات الناقصة Deuteromycota لأن الخصائص الجنسية هامة

جداً كي تصنف مع الفطريات الزقية بشكل لا يقبل الشك ؛ لكن خصائص التعاقب في حمضها النووي وكذلك خصائصها اللاجنسية ونشأتها هو الذي سمح لبعض المصنفين بوضعها مع الفطريات الزقية رغم غياب المرحلة الجنسية في حلقة حياة أفرادها, ولذلك يُنظر دائماً إلى مجموعة الفطريات الناقصة Deuteromycota بأنها مجموعة غير مستقرة تصنيفياً ويستبعد بعضهم وضعها ضمن التصنيف العام للفطريات.

*** التكاثر Reproduction:**

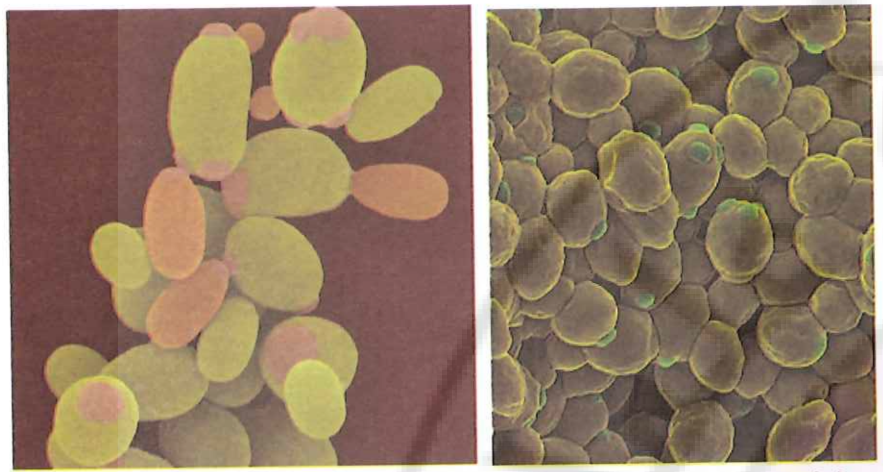
يتم التكاثر اللاجنسي لدى الفطريات الزقية من خلال تشكيل أبواغ كونيدية Conidiospores.

أما التكاثر الجنسي فيتم من خلال تشكيل أبواغ زقية Ascospores متوضعة ضمن زقاق ذات أشكال مختلفة وطرق تفتح مختلفة, وللضغط الإنتباجي داخل الزق وللرياح دور في انتشار الأبواغ الزقية، وكذلك يمكن أن تنتشر بالماء وبالحيوانات.

*** حلقة الحياة Life cycle لدى الفطريات الزقية:**

يمكن أن تتمثل الفطريات الزقية بخلايا مفردة كما في الخمائر Yeasts (شكل 5-46)، أو بأشكال خيطية Filamentous (Hyphal) أو يمكن أن تكون ثنائية الشكلية.

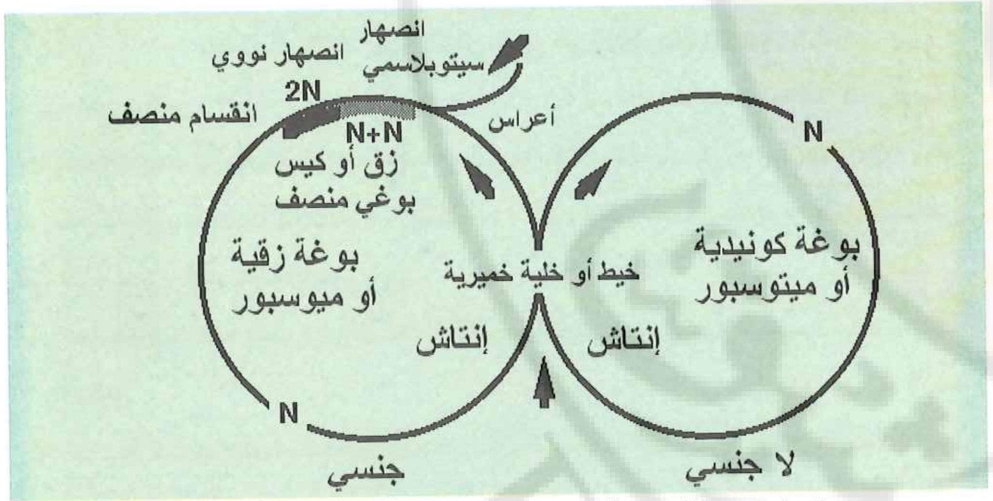
تتكاثر الخمائر بالبرعمة Budding أو بالانشطار Fission. أما الفطريات الخيطية منها فتنمو قمياً وتتفرع جانبياً. يكون معظم الخمائر والأشكال الخيطية التابعة للفطريات الزقية أحادية الصيغة الصبغية Haploid ولكن بعضها كفطر الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* يمكن أن يكون مضاعف الصيغة الصبغية Diploid أيضاً.



Candida parapsilosis *Saccharomyces cerevisiae*

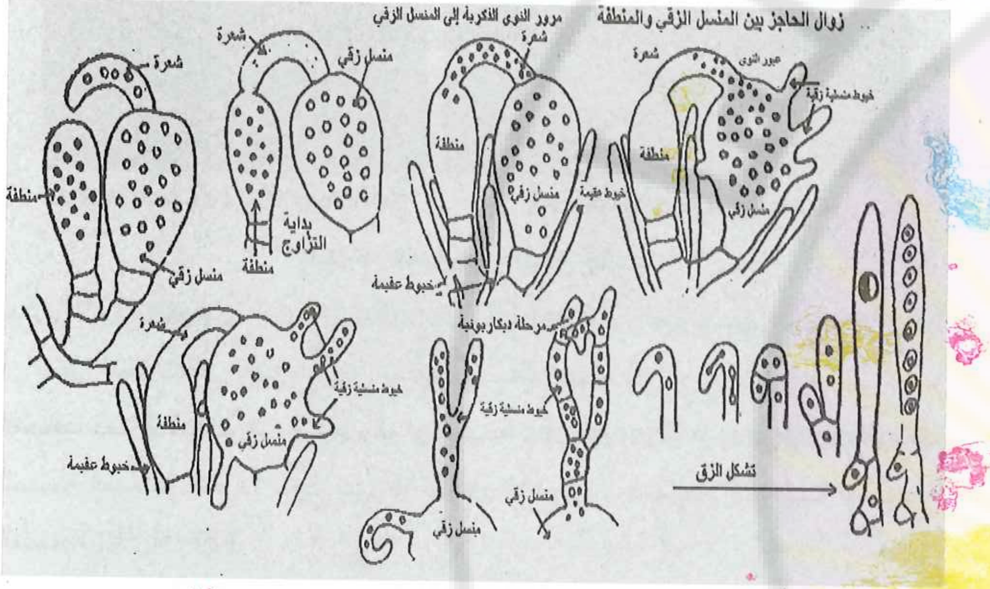
(شكل5-46): بعض أشكال الخمائر

يمكن للأبواغ الكونيدية Conidia (Conidiospores) أو الميتوسبور Mitospores أن تنتش لتعيد تشكيل الآباء، ولكن يمكن أن تسلك سلوك أعراس وتتزاوج لينتهي بها المطاف بعد التنصيف إلى تشكيل أبواغ زقية Ascospores أو Meiospores ذات الصيغة الصبغية المفردة لتعيد بدورها تشكيل الآباء ذات المشيجة الأحادية الصيغة الصبغية (شكل5-47)


انصهار سيتوبلاسمي
انصهار نووي
2N
انقسام منصف
N+N
أعراس
N
زق أو كيس بوغي منصف
بوغة زقية أو ميوسبور
خيط أو خلية خميرية
بوغة كونيدية أو ميتوسبور
إنتاش
إنتاش
N
جنسي
لا جنسي

(شكل 5-47): حلقة حياة عامة لفطر زقي خميري أو خيطي

يتضمن التقاء الأعراس انصهاراً بلاسمياً ثم نووياً وقد لا يتبع الانصهار البلاسمي مباشرةً بالانصهار النووي, الأمر الذي يقود لمرحلة ديكاريونية (ثنائية النوى) Dikaryotic phase, وهذه الخيوط الفطرية الديكاريونية يمكن أن ينضم إليها خيوطٌ أحادية الصيغة الصبغية لتتمايز وتشكل جسماً ثمرياً Fruiting body أو ثمرة زقية Ascoma =Ascocarp وجمعها Ascomata (شكل5-48).


زوال الحاجز بين المنسل الزقي والمنطقة
مرور النوى الذكرية إلى المنسل الزقي
شعرة
عبور النوى
خيوط منسلية زقية
منطقة
منسل زقي
خيوط عقيمة
شعرة
منسل زقي
منطقة
شعرة
منسل زقي
بداية التزاوج
منطقة
شعرة
منطقة
منسل زقي
خيوط عقيمة
شعرة
خيوط منسلية زقية
منطقة
منسل زقي
خيوط عقيمة
مرحلة ديكاريونية
خيوط منسلية زقية
منسل زقي
منسل زقي
تشكل الزق

(شكل5-48): آلية تشكل الزق في الفطريات الزقية

حيث تكون الثمرة الزقية مغلقة Cleistothecium أو مفتوحة بفتحة ضيقة (دورقية) Perithecium أو طبقية مفتوحة بفتحة واسعة تشبه الفنجان Apothecium أو دورقية كاذبة Pseudothecium (شكل5-11). ويمكن إجمال الأطوار التي تتوالى في أثناء تشكل الثمرة الزقية بما يلي:

1- مرحلة المشيجة الفطرية والأعضاء التكاثرية وهي أحادية الصيغة Haploid phase.

2- مرحلة الخيوط المخصبة وهي ذات نوى مختلفة الجنس Heterocaryonic phase.

3- مرحلة تكون الشصوص وتحوي أزواجاً نووية Dicaryonic phase.

4- مرحلة تكون الزقاق وهي مضاعفة الصيغة Diploid phase.

5- مرحلة الأبواغ الزقية وهي أحادية الصيغة Haploid phase.

*** تصنيف شعبة الفطريات الزقية Classification of Ascomycota:**

تضم هذه الشعبة 55 رتبة و291 فصيلة. وقد قسم الباحثون شعبة الفطريات الزقية إلى خمسة صفوف:

صف الفطريات الزقية البدائية

صف الفطريات الزقية النصفية

صف Plectomycetes

صف الفطريات الزقية المخصبة

صف الفطريات الزقية الحُجْرية

1-6-7-5 صف الفطريات الزقية البدائية Archiascomycetes:

من أهم أجناس هذا الصف نذكر *Taphrina* الممرض اختياريا للنباتات، والجنس الرمي *Schizosaccharomyces*، ويُضم إليهم حالياً جنس *Pneumocystis* الذي يسبب التهابات رئوية للأشخاص ذوي المناعة الضعيفة. يضم هذا الصف حالياً 150 نوعاً و10 أجناس، ندرس أهمها.

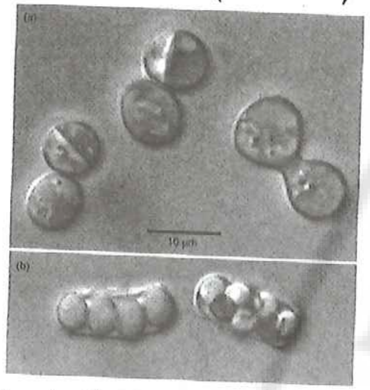
■ رتبة Schizosaccharomycetales

جنس *Schizosaccharomyces*

يمكن عزل هذا الجنس من المواد الغنية بمصادر الكربون المنحل كالثمار والعسل وعصير الفواكه، ويستخدم النوع *S. pombe* كعامل مخمر في تحضير المنتجات الكحولية كالبيرة حيث يستطيع أن يتحمل تراكيز عالية من الكحول الإيتيلي (7%)، وتنمو بشكل جيد في الأوساط السائلة والصلبة كوسط خلاصة الشعيرالآغاري، منتجة الزقاق بدرجة حرارة 25°م خلال ثلاثة أيام.

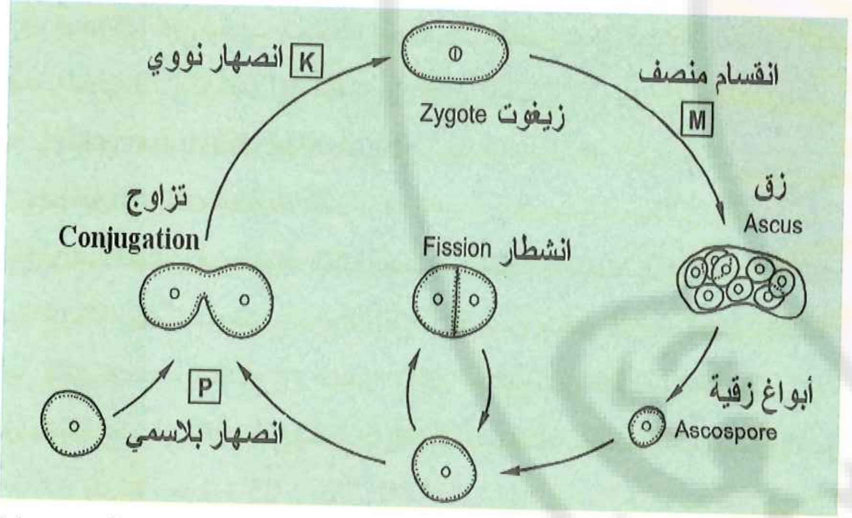
يضم هذا الجنس ثلاثة أنواع *Schizosaccharomyces japonicus*, *S.octosporus*, *S.pombe*. تنمو هذه الأنواع كخمائر رمية، تتكاثر لا جنسياً

بانشطار الخلية الإعاشية إلى خليتين بنتين متساويتين بالحجم, لذلك يدعى هذا الجنس بالخميرة المنشطرة Fission yeast (شكل5-49).


خلايا إعاشية منشطرة
زقاق
(a)
(b)
10 µm

(شكل5-49): الخلايا الإعاشية المنشطرة والزقاق لدى فطر *Schizosaccharomyces octosorus*

أما التكاثر الجنسي فيتم بتزاوج خليتي خميرة إعاشيتين 1n عبر قناة تزاوج, يُتبع ذلك بانصهار نووي ثم انقسام منصف يقود لتشكيل أربع أبواغ زقية وغالباً ثمان (شكل 5-50).


K انصهار نووي
Zygote زيغوت
انقسام منصف
M
زق
Ascus
تزاوج
Conjugation
Fission انشطار
أبواغ زقية
Ascospore
P
انصهار بلاسمي

(شكل5-50): التكاثر وحلقة الحياة في النوع *Schizosaccharomyces octosporus* (متجانس المشرات)

ويعتبر النوع *S.octosporus* متماثل المشرات أما النوع *S. pombe* فيوجد منه سلالات متماثلة المشرات وسلالات متخالفة المشرات.

5-7-6-2 صف الفطريات الزقية النصفية Hemiascomycetes:

يضم هذا الصف الخمائر الزقية التقليدية باستثناء تلك التي تحدثنا عنها في الصف السابق Archiascomycetes.

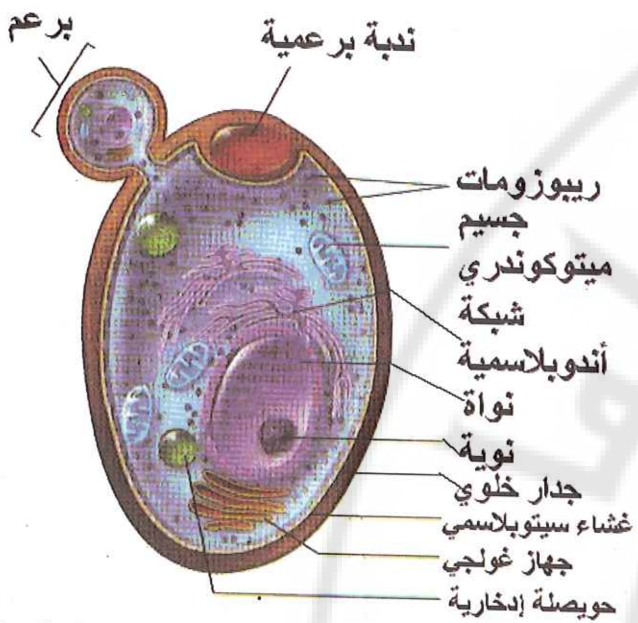
أما عن أهمية أفراد صف الفطريات الزقية النصفية Hemiascomycetes فهناك عدد قليل من أنواعه ذو أهمية في التقانات الحيوية Biotechnology كالتخمر الكحولي Alcolic fermentation وصناعة الخبز باستخدام فطر الخميرة *Saccharomyce cerevisiae* وإنتاج البروتين وحيد الخلية Single-cell protein (SCP) والبروتينات المرتبطة مثل الأنزيمات ومولدات الضد ، والفيتامينات مثل الريبوفلافين (Vit B2)، وفي المكافحة الحيوية Biological control ومثالها نشر النوع الخميري *Pichia guilliermondii* على سطح ثمار الفواكه الأمر الذي يمنع تطور الأعفان الناجمة عن فطر *Penicillium* spp.

- **رتبة Saccharomycetales**

فصيلة Saccharomycetaceae

جنس *Saccharomyces*

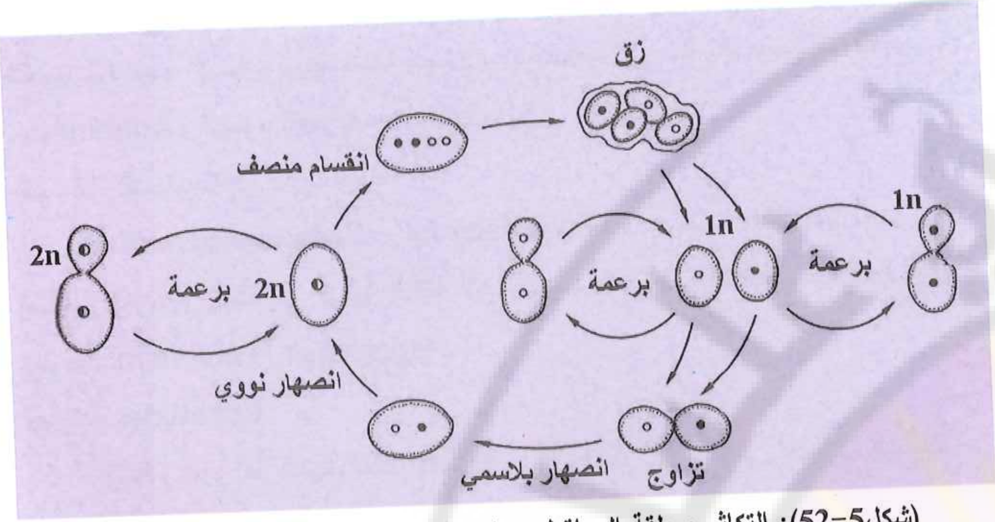
يضم هذا الجنس من 10-16 نوعاً وأهم هذه الأنواع *S. cerevisiae*, ويوجد 25 سلالة من هذا النوع ولكل منها استخداماته في التقانات الحيوية نظراً للاختلافات الفيزيولوجية بينها. يسمى هذا النوع بخميرة البيرة والخبز نظراً لأهميته في هاتين الصناعتين. تبلغ أبعاد خلية هذا الجنس الخميري 6-8×5-6 ميكروميتر ويتكون جدارها من الكيتين والغلوكان, وتحوي على العضيات المعروفة: نواة, فجوة, شبكة بلاسمية داخلية ملساء وخشنة, ريبوزومات, جسيمات ميتوكوندرية, غشاء بلاسمي, حويصلات جهاز غولجي (شكل5-51).


برعم
ندبة برعمية
ريبوزومات
جسيم ميتوكوندري
شبكة أندوبلاسمية
نواة
نوية
جدار خلوي
غشاء سيتوبلاسمي
جهاز غولجي
حويصلة إدخارية

(شكل5-51) بنية خلية فطر *Saccharomyces cerevisiae* كما تظهر تحت المجهر الإلكتروني الناقل

حلقة حياة فطر *Saccharomyces cerevisiae*:

تكون الخلايا الإعاشية لهذا الفطر في الطبيعة مضاعفة الصيغة الصبغية تتكاثر بالبرعمة, رغم وجود سلالات رباعية الصيغة الصبغية. وقد يكون الفطر متجانس أو متخالف المشرات. عدد صبغياته هو 16 صبغي. يظهر الشكل (5-52) حلقة حياة هذا الفطر. يمكن للأبواغ الزقية أحادية الصيغة الصبغية أن تتصهر وهي داخل الزق أو بعد تحررها من الزق بقليل, ويتم الانصهار البلاسمي ثم النووي ليتبع بانقسام منصف, يقود لتشكيل أربع أبواغ زقية ضمن الزق. كما يمكن للأبواغ الزقية المعزولة أن تنتش وتعطي خلايا إعاشية جديدة أحادية الصيغة الصبغية بالبرعمة. وهكذا نرى بأن البرعمة يمكن أن تحدث على خلايا إعاشية أحادية أو ثنائية الصيغة الصبغية في الشروط البيئية المناسبة حيث تساعد شروط الوسط وطبيعة الوسط المغذي ومكوناته في السير بأحد الطرق المشار إليها.



(شكل5-52): التكاثر وحلقة الحياة لدى خميرة ***Saccharomyces cerevisiae***

جنس *Candida* (فصيلة Saccharomycetaceae)

وهو جنس واسع يشكل المرحلة اللاجنسية لأفراد في رتبة Saccharomycetales. وأهم أنواعه *C. albicans* الذي يترافق مع الأمراض التي تصيب الإنسان. وهو واسع الانتشار في العالم, يُشاهد على سطوح ثمار الفواكه وعلى أعضاء نباتية أخرى، على الخشب المتعفن, في التربة, في مياه البحر, ويصيب الثدييات والحشرات كالنحل. ويعتبر هذا النوع من الفطريات ثنائية الشكلية Dimorphism. يتكاثر لا جنسياً فقط ويكون مضاعف الصيغة الصبغية (وهذا نادر لدى الفطريات الحقيقية) رغم أن أنواعاً أخرى من هذا الجنس تكون أحادية الصيغة الصبغية.

5-7-6-3 صف Plectomycetes:

يضم هذا الصف الفطريات الزقية التي تشكل زقاقها غالباً في ثمرة زقية كروية مغلقة Cleistothecium ويعني هذا المصطلح غمد مغلق Closed case.

يحيا معظم أفراد هذا الصف رمياً في التربة والكثير منها يستطيع تفكيك المركبات المعقدة كالسيلولوز والنشاء, وبعضها يفكك البروتينات مثل الكيراتين الذي يتكون منه الشعر, وعندما تستطيع الفطريات النمو في درجة حرارة 37ْم فعندها تكون ممرضة

للثدييات لاسيما الإنسان. وبعضها يُنتج مستقلبات ثانوية كالصادات الحيوية Antibiotics والسموم الفطرية Mycotoxins.

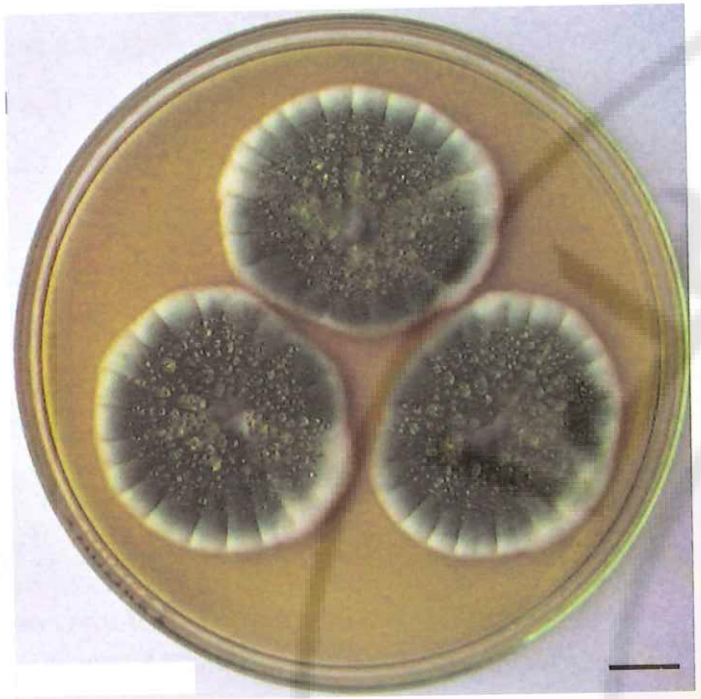
تقسم هذه المجموعة في ثلاث رتب:

1- رتبة Ascosphaerales 2- رتبة Onygenales 3- رتبة Eurotiales.

وسوف نتعرض لأمثلة من الرتبة الثالثة لأنها تضم المرحلة اللاجنسية للفطرين المهمين *Aspergillus Penicillium,*.

- **رتبة Eurotiales:**

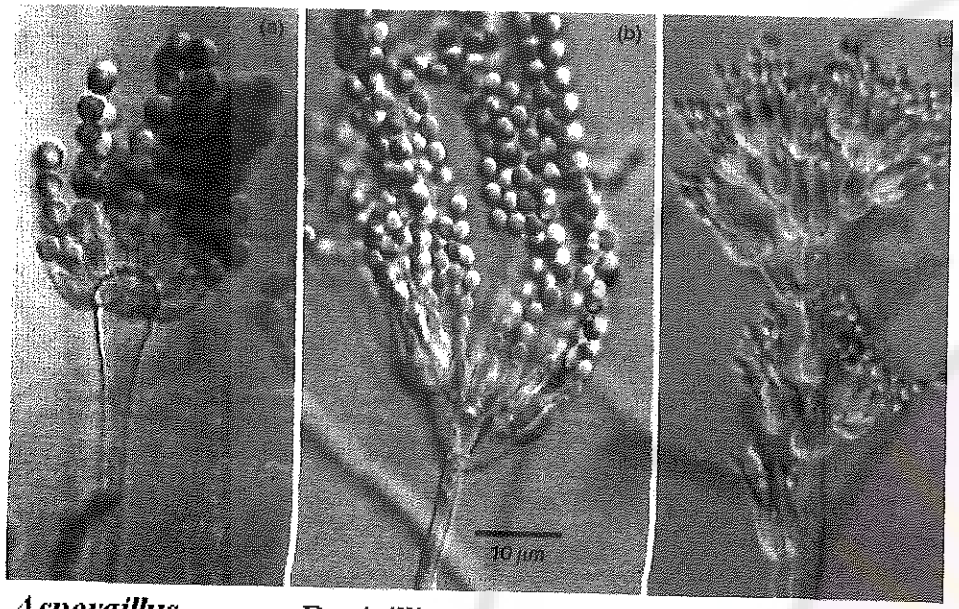
وتعتبر من أهم المجموعات الفطرية, يسهل تمييز أفرادها من خلال الشكلية المميزة للمرحلة اللاجنسية وخاصة للجنسين *Aspergillus, Penicillium* واسعي الانتشار (هواء, تربة، ماء, غذاء). ويمكن لبعض أنواع هذين الجنسين تحمل الجفاف وتلويث مستودعات تخزين الحبوب، وإنتاج سموم فطرية مهمة. تظهر مستعمرات فطر *Penicillium* بيضاء اللون, وسرعان ما تتحول إلى زرقاء مخضرة بسبب تشكل الأبواغ الكونيدية الحاوية على أصبغة الميلانين (شكل 5-53). وتعتبر المراحل غير التامة (الكونيدية) أكثر انتشاراً وشيوعاً من المراحل الجنسية, وفي الحقيقة, فقد فَقَدَ الكثير من الأنواع قدرته على التكاثر الجنسي. وفي حال وجود التكاثر الجنسي فإن



(شكل 5-53): مستعمرات فطر *Penicillium chrysogenum* في علبة بتري

شكل الثمرة الزقية يتراوح بين النمط العاري وحتى الشكل النموذجي الذي يميز الثمرة الزقية الكروية المغلقة. أما الأبواغ الكونيدية فهي من الـــنمط الفياليـــدي عمومـــاً, أمـــا طريقة توضع تلك الفياليدات على حوامل الأبواغ فذات أهمية تصنيفية (شكل5-54).

جامعة دمشق
Damascus University



Aspergillus penicillioides *Penicillium notatum= P.chrysogynum* *Paecilomyces marquandii*

(شكل5-54) أمثلة على حوامل الأبواغ الكونيدية لمراحل لاجنسية لثلاثة أجناس من فصيلة **Trichocomaceae**

دور فطري *Aspergillus & Penicillium* في التقانات الحيوية:

يعتبر بعض أنواع هذين الجنسين من أهم الأنواع الفطرية المستخدمة في التقانات الحيوية, ويليهما بالأهمية نوع *Saccharomyces cerevisiae*. وسوف نتعرض لبعض الأمثلة المتعلقة بذلك:

إنتاج الغذاء Food production:

يستخدم النوع *Aspergillus oryzae* في تفكيك نشاء الرز كمرحلة أولى في إنتاج المشروب الكحولي الصيني المسمى saké, وكذلك في إنتاج صلصة الصويا باستخدام النوع المذكور إضافة للنوع *A. sojae* , ويستخدم النوعان *Penicillium roqueforti* و *Penicillium camemberti* في إنتاج الجبن.

إنتاج الأنزيمات Production of enzymes:

تستطيع بعض الأنواع من هذين الجنسين تحرير كمية كبيرة من الأنزيمات إلى الوسط المحيط مثل البروتياز, اللبياز, الأميلاز, والبيكتيناز، ذات الأهمية الصناعية الكبيرة كصناعة العصائر, الجلود, النشاء، الألبان، الخبز، البيرة....الخ.

إنتاج حمض الليمون Citric acid production:

ويستخدم كمنكه ولضبط درجة حموضة الأغذية المختلفة.

إنتاج الصادات الحيوية Production of antibiotics:

تعد الصادات الحيوية نواتج ثانوية من نواتج التمثيل الغذائي Secondary metabolites لأحياء دقيقة مختلفة لأن تمثيلها لا يرتبط بنمو هذه الأحياء الدقيقة. وتعمل هذه الصادات على إيقاف نمو الجراثيم أو الفطريات أو قتلها وإذابتها. ويعد الباحث Louis Pasteur أول من اكتشف هذه الظاهرة عندما لاحظ عام 1877 أن الحيوانات المحقونة بجراثيم الجمرة الخبيثة *Bacillus anthracis* المصحوبة ببعض الجراثيم العصوية، فإن أعراض هذا المرض لا تظهر عليها. وفي عام 1881 لاحظ الباحث Tyndal أنه إذا لوثت مستنبتات الجراثيم بفطر *Penicillium glaucum* فإن هذه الجراثيم لا تلبث أن تفقد حيويتها وتموت. وفي عام 1929 اكتشف الباحث Alexander Fleming البينسيلين Penicillin. تنتج الفطريات 10% من مجموع الصادات المستخدمة.

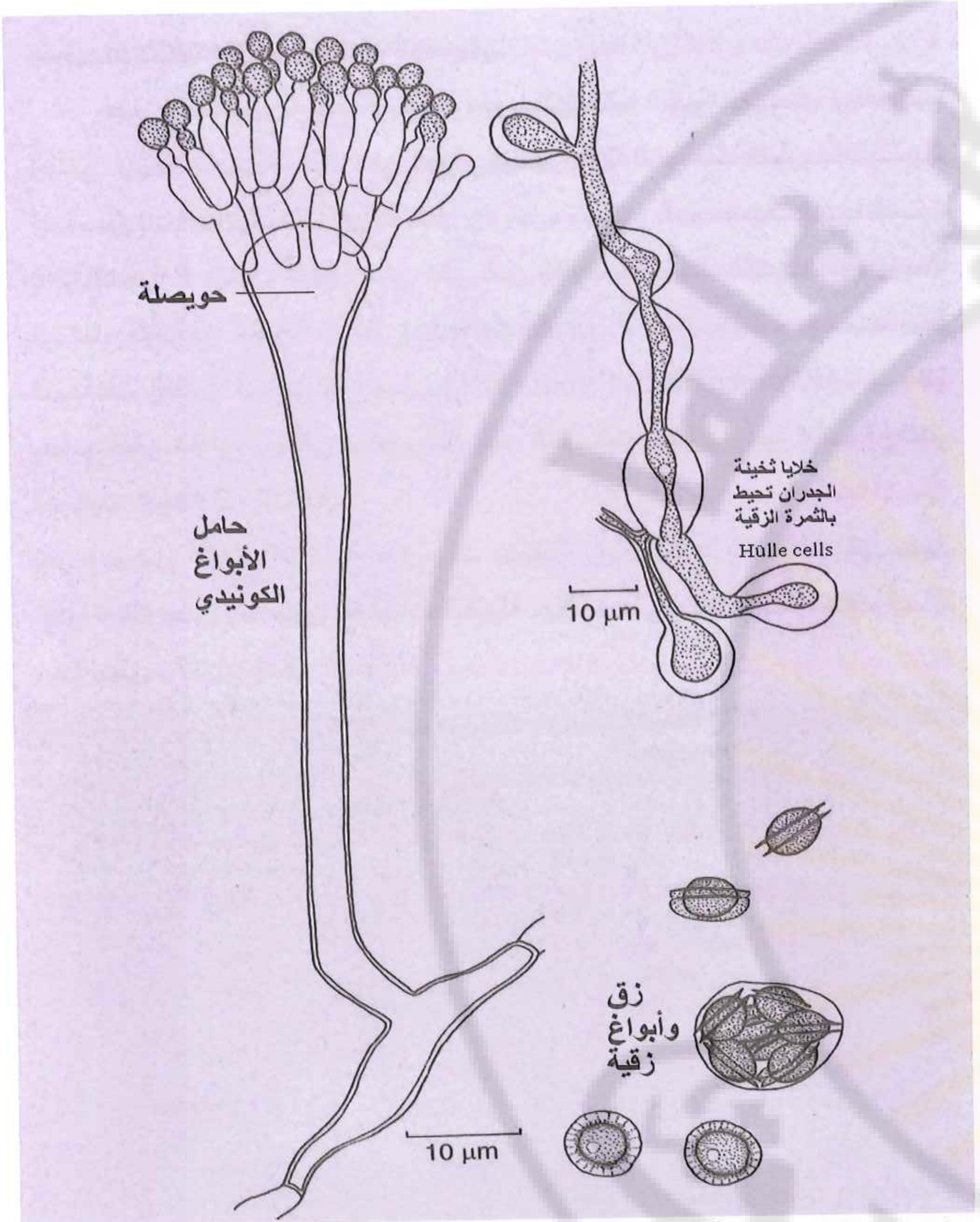
إن أكثر الصادات الحيوية استعمالا هي البينسيلينات التي ينتجها *Penicillium notatum* و *P. chrysogenum* بسبب انخفاض سميتها على الخلايا الحيوانية، إذ يتمثل تأثيرها الصيدلاني بمنع تكوين جدر الخلايا الجرثومية.

إنتاج السموم الفطرية Mycotoxins:

وهي مستقلبات ثانوية يفرزها العديد من الفطريات وتؤثر سلباً على الأحياء الأخرى. ومن أهم السموم الفطرية Aflatoxins, Ochratoxin A, Patulin. ومن الفطريات المفرزة لمثل هذه السموم *Aspergillus, Penicillium* .

تسبب بعض أنواع فطر *Aspergillus* (شكل 5-55) الأمراض للإنسان مثل *A.flavus, A. fumigatus* تتمثل خاصة بالتهاب المجاري التنفسية, الرئتين مسببةً أعراضاً مشابهة للسل الرئوي. وتسمى الأمراض التي يسببها بعض أنواع فطر *Aspergillus* بأمراض Aspergillosis، ويكون الأشخاص ذوو المناعة الضعيفة (مرضى السرطان والإيدز) أكثر عرضة لهذه الأمراض فهي أمراض انتهازية, وغالباً ما تتم العدوى عن طريق استنشاق الأبواغ الكونيدية ذات الحجم الصغير. يتحمل النوع *A.fumigatus* درجات الحرارة العالية (52°م) ويمكن أن يبقى حياً ولو تعرض لدرجة حرارة 80°م لمدة ساعة.

أما الأمراض التي يسببها بعض أنواع جنس *Penicillium* فهي أقل من تلك التي تسببها أنواع *Aspergillus* ونذكر منها *P. marneffei* واسع الإنتشار في مناطق جنوب شرق آسيا لدى المصابين بمرض الإيدز، حيث يصيب الرئتين, الجلد الكبد, ويمكن معالجته باستخدام Amphotericin B و Itraconazole .

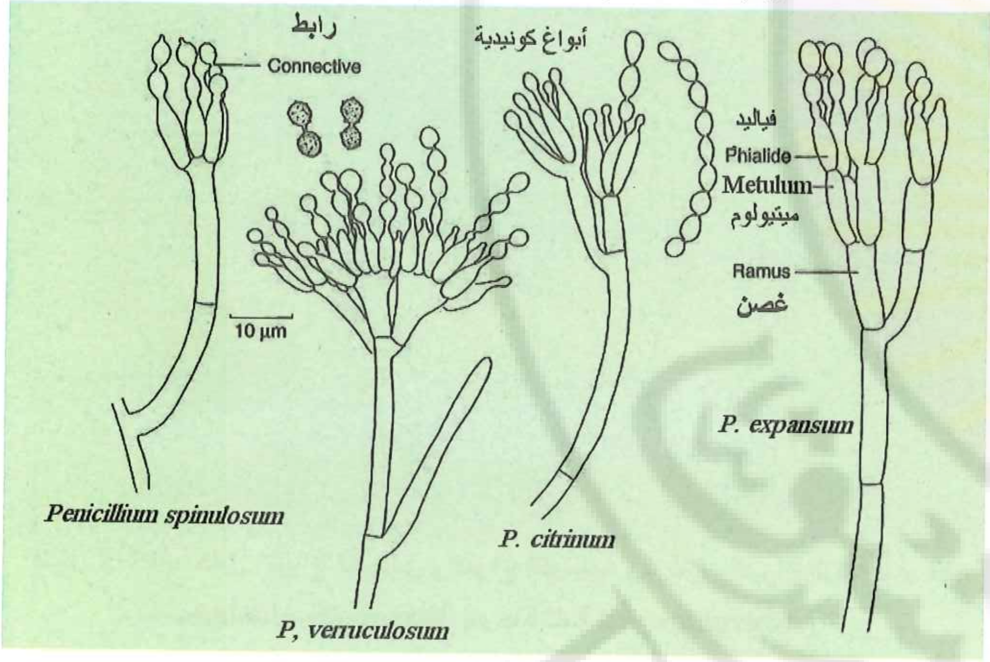

حويصلة
حامل الأبواغ الكونيدي
خلايا ثخينة الجدران تحيط بالثمرة الزقية
Hülle cells
10 µm
زق وأبواغ زقية
10 µm

(شكل 5-55): حامل الأبواغ الكونيدي والأبواغ الكونيدية والزقاق والأبواغ الزقية لدى فطر ***Emericella nidulans*** (مرحلة تامة لفطر ***Aspergillus***)

جنس *Penicillium* ومراحله الجنسية:

يعتبر هذا الجنس واسع الانتشار ومفسداً للكثير من أغذية الإنسان وحاجياته وتنتشر أبواغه الكونيدية بغزارة في الهواء, ويعتبر ملوثاً للزراعات الفطرية. يسبب النوعان *P. italicum, P. digitatum* تعفن ثمار الحمضيات, أما النوع *P.expansum* فيسبب العفن البني على ثمار التفاح. وقد بينت الأبحاث قدرة بعضها في إنتاج الصادات الحيوية كالنوع *P. griseofulvum* ، و يستخدم بعضها في الصناعات الغذائية كصناعة الجبن (*P.camemberti, P.roqueforti*) و يسبب بعضها تعفن الغذاء، وبالتالي يستخدم مثل هذه الخصائص الفيزيولوجية للأنواع في التصنيف إضافة إلى الشكلية.

تتفرع حوامل الأبواغ الكونيدية عدة مرات متعاقبة, يتمثل آخرها بالفياليدات التي تحمل الأبواغ الكونيدية, وقد تكون الفياليدات محمولة مباشرة على حامل الأبواغ الكونيدي وهذا يتعلق بالأنواع (شكل 5-56).


رابط
Connective
أبواغ كونيدية
فياليد
Phialide
Metulum
ميتيولوم
Ramus
غصن
10 µm
P. expansum
Penicillium spinulosum
P. citrinum
P, verruculosum

(شكل 5-56): حوامل الأبواغ الكونيدية لأربع أنواع من فطر *Penicillium*

أما المراحل الجنسية لهذا الفطر فتعود إلى جنسي *Eupenicillium* و*Talaromyces*.

5-7-6-4 صف الفطريات الزقية المخصبة **Hymenoascomycetes** :

تحتصف Pyrenomycetidae

■ **رتبة Sordariales**

فصيلة Sordariaceae

جنس *Neurospora*:

يضم هذا الجنس نحو 12 نوع تنمو في التربة. تفضل بعض الأنواع البيئات الحارة الرطبة, وبعضها يفضل البيئات معتدلة الحرارة. تنمو بعض الأنواع الملفتة للنظر في الأراضي المحروقة (كالمناطق البركانية أو المناطق التي احترق فيها الغطاء النباتي) وتفسير ذلك يتمثل بحاجة الأبواغ الزقية الساكنة في التربة للحرارة كمحرض لإنتاشها, وبعد بضعة أيام تغطى المناطق المحروقة بسطح برتقالي أو وردي يعود إلى تشكيل كميات كبيرة من الأبواغ الكونيدية الكبيرة Macroconidia. وينتشر النوع *Neurospora sitophila* على الدقيق في المخابز ويسمى عفن الخبز الأحمر, مسبباً خسائر كبيرة. وتستخدم بعض أنواعه في الصناعات الغذائية مثل النوع *Neurospora intermedia* الذي يستخدم في استخراج الزيت والبروتين من فول الصويا. وقد استخدم هذا الجنس بشكل واسع في الدراسات الوراثية حيث تمكن العلماء من وضع خريطة مورثية للنوع *Neurospora crassa* وهو فطر أحادي الصيغة الصبغية ويملك 7 صبغيات, متخالف المشرات ويحوي فيه الزق على 8 أبواغ زقية, ولكن هناك أنواع أخرى متجانسة المشرات.

تتمثل الأسباب التي جعلت من جنس *Neurospora* مادة مهمة في الدراسات الحيوية الكيميائية والوراثية بما يلي:

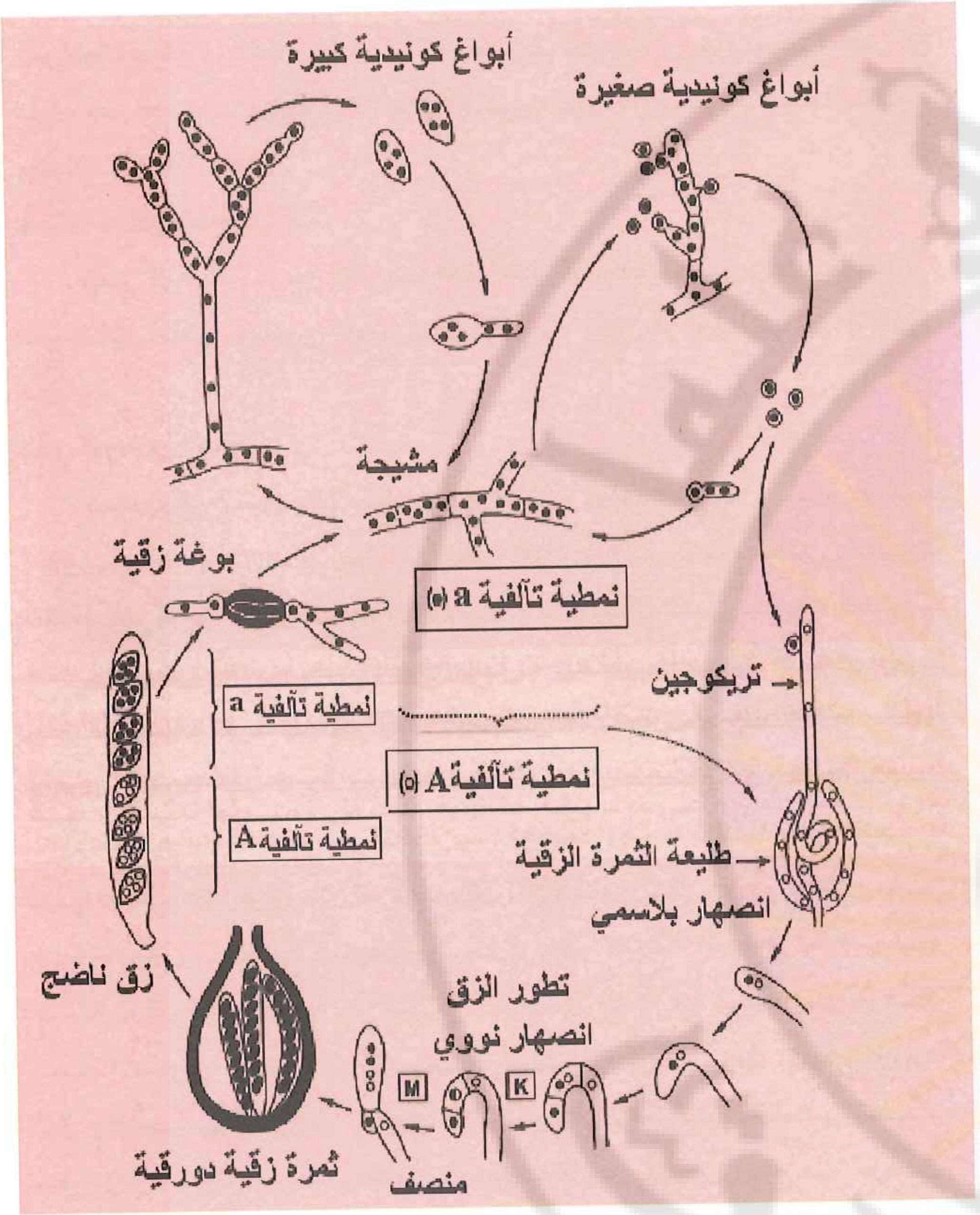
1- أحادي الصيغة الصبغية. 2- سلالاته البرية ذات متطلبات غذائية بسيطة تتمثل بمنبع الكربون والأملاح المعدنية وفيتامين واحد هو البيوتين. 3- يمكن بسهولة الحصول على سلالات طافرة بتعريض أبواغه الكونيدية للأشعة فوق البنفسجية مثلاً.

4- يتم نمو الفطر وتكاثره الجنسي بسرعة. 5- يمكن الاحتفاظ بمزارع الفطر لفترة طويلة بالتثليج أو التجفيد.

حلقة حياة جنس *Neurospora*:

يظهر الشكل (5-57) التكاثر وحلقة الحياة في هذا الفطر. أبواغه الزقية ذات لون عاتم, عديدة النوى وغنية بالمدخرات الليبيدية والسكرية خاصة Trehalose. يحتاج إنتاش الأبواغ الزقية للتحريض الكيميائي أو لصدمة حرارية (60°م لمدة 20-40 دقيقة)، أما أبواغه الكونيدية فيمكن أن تقتل بمثل هذه المعالجة. تنتش الأبواغ الزقية بثقب إنتاش من جهة واحدة أو جهتين, وسرعان ما تنمو لتشكل مشيجة, وتكون كل قطعة من هذه المشيجة عديدة النوى, وتستطيع هذه النوى والسيتوبلاسما والعضيات المختلفة العبور بحرية عبر الحواجز الخلوية. وخلال 24 ساعة تبدأ المشيجة بالتكاثر لاجنسياً, حيث يرتفع منها تفرعات عديدة وبدل أن تنمو قمياً فإنها تتبرعم بكثرة مشكلةً خلايا تسمى بداءة الأبواغ الكونيدية Proconidia, تتابع تبرعمها قمياً مشكلة أبواغاً كونيدية كبيرة عديدة النوى بطريقة تفجرية, وتستمر بتبرعمها لتشكل سلاسل من هذه الأبواغ ذات لون برتقالي، بسبب احتوائها على الصباغ شبه الكاروتيني Neurosporoxanthin، يتحرض تشكلها بالضوء.

جامعة دمشق Damascus University


أبواغ كونيدية كبيرة
أبواغ كونيدية صغيرة
مشيجة
بوغة زقية
نمطية تآلفية a (+)
تريكوجين
نمطية تآلفية a
نمطية تآلفية A (-)
نمطية تآلفية A
طليعة الثمرة الزقية
انصهار بلاسمي
زق ناضج
تطور الزق
انصهار نووي
M
K
ثمرة زقية دورقية
منصف

(شكل5–57): التكاثر وحلقة الحياة في فطر ***Neurospora crassa***

أما التكاثر الجنسي فيتم بانتقال بوغة كونيدية صغيرة من نمطية تآلفية معينة إلى شعرة Trichogyne منسل زقي من نمطية تآلفية مختلفة بواسطة الماء أو الحشرات. يحدث الانصهار البلاسمي ثم النووي بين نواة المنسل الزقي ونواة البوغة

الكونيدية الصغيرة ويتشكل ثمرة زقية دورقية ويتم ذلك بسيطرة مورثية. يمكن أن يصل عدد النوى في البوغة الزقية حتى 32 نواة نتيجة انقسام منصف متبوع بانقسامات خيطية متعاقبة.

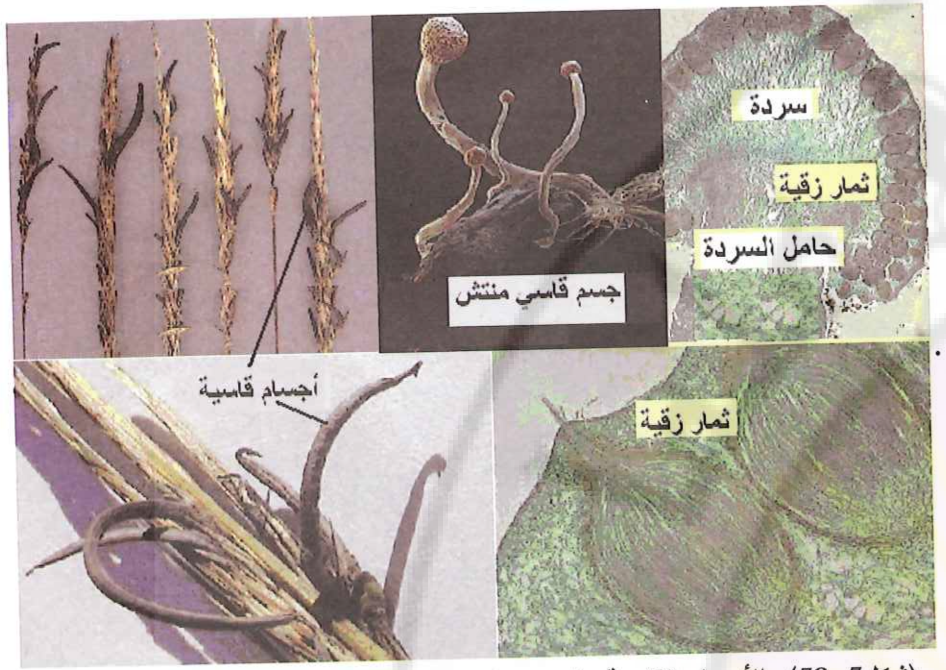
■ رتبة **Clavicipitales**:

تتميز أفراد هذه الرتبة بثمارها الزقية الدورقية والتي تتطور داخل ستروما (سردة) كبيرة نسبياً، وتحتوي الثمرة الزقية الدورقية زقاقاً طويلة بداخلها أبواغاً زقية خيطية.

جنس *Claviceps* :

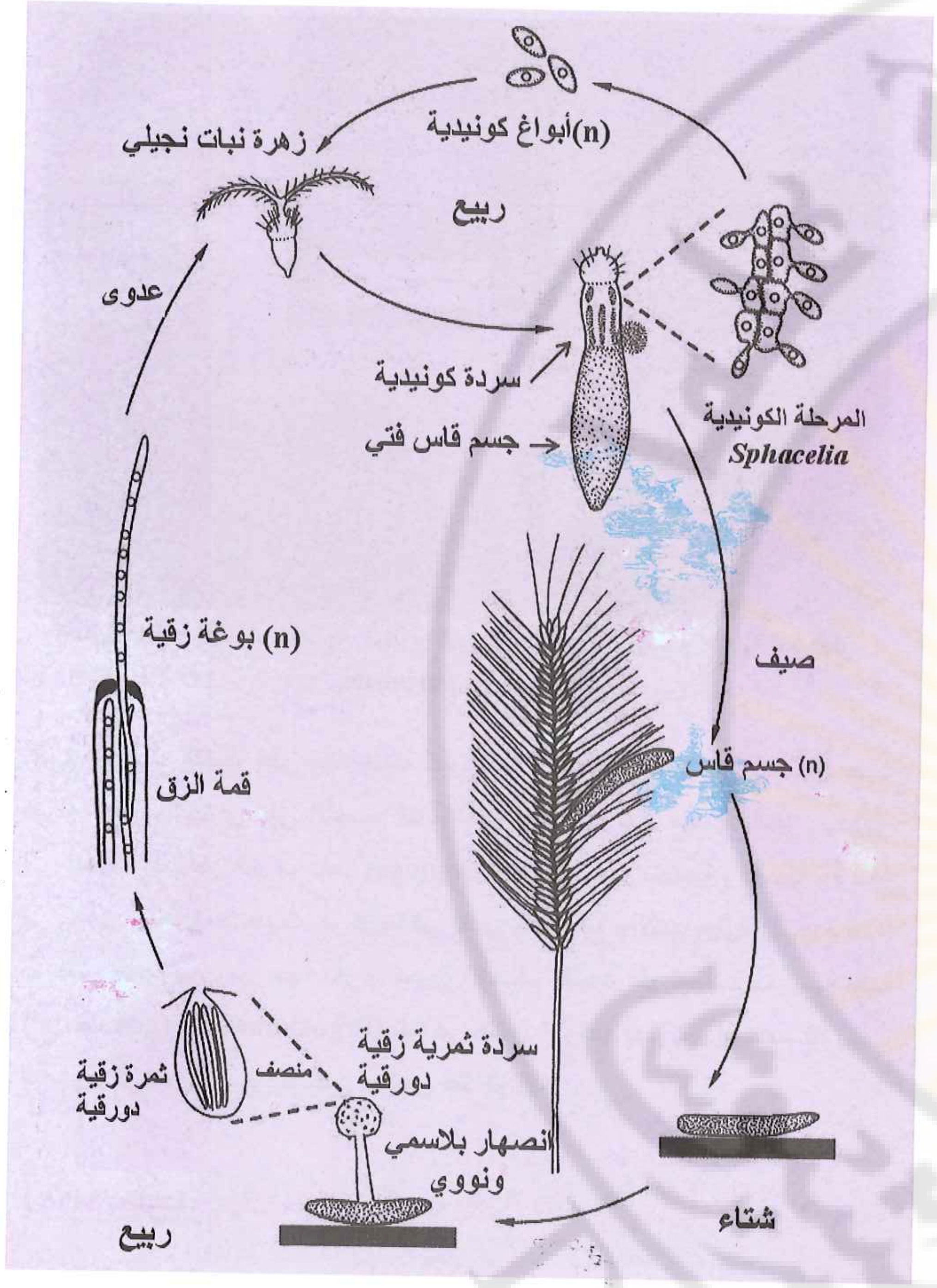
يضع بعض الباحثين هذا الفطر في رتبة Hypocreales بدل الرتبة المذكورة Clavicipitales يضم هذا الجنس 40 نوع يتطفل جميعها على النباتات العشبية. أهم أنواعه *Claviceps purpurea* الذي يتطفل على نباتات الحبوب كالجودار و يتميز بتشكيل أجسام قاسية, متطاولة ذات لون بنفسجي, تتشكل على سنابل المضيف و تعرف بالإيرغوت, لذلك يطلق على هذا الفطر أيضاً اسم The ergot fungus. تبقى هذه الأجسام القاسية ساكنة خلال فترة الشتاء في التربة أو في مستودعات تخزين الحبوب, وفي الربيع بعد عودة الظروف الملائمة ينتش الجسم القاسي ليعطي عدداً كبيراً من السردات وكل سردة تظهر بشكل رؤيس محمول على سويقة طويلة. وفي الناحية المحيطية من هذا الرؤيس تصطف الثمار الزقية الدورقية بيضوية الشكل تكون فوهتها نحو الخارج. تحوي كل ثمرة زقية عدداً من الزقاق الضيقة الأسطوانية وبداخل كل زق يوجد 8 أبواغ زقية خيطية. تُحمل الأبواغ الزقية بالرياح لتصيب مياسم الأزهار ومآبرها فتنتش معطية خيوطاً أفطورية تخترق جدار مبيض زهرة النبات المصاب وتعطي سردة كونيدية أسفل المبيض, يبزغ منها حوامل قصيرة تُحمل عليها الأبواغ الكونيدية.

تُحمل الأبواغ الكونيدية بواسطة الحشرات مما يؤمن انتشار المرض بسرعة كبيرة (شكل5-58 و 5-59).



(شكل5-58): الأجسام القاسية, الستروما وحامل الستروما, والثمار الزقية لدى فطر ***Claviceps purpurea***

تحوي الأجسام القاسية على مواد سامة كالوئيدية, لذلك فإن وصولها للإنسان عند تناوله الدقيق المحتوي على الأجسام القاسية المطحونة في أثناء صناعة الخبز, يؤدي إلى إصابته بأمراض تعرف باسم Ergotism ذات أعراض تشنجية وعصبية وأوجاع في الرأس والمعدة ثم حدوث غرغرينا في الثدي والأصابع والأنف ويقود ذلك لوفاة الشخص المصاب. ومن جهة أخرى تحوي الأجسام القاسية على مواد ذات أهمية طبية (Ergotamine, Ergometrine) تفيد في تقلص الأوعية الدموية وإيقاف النزيف الدموي وفي تحريض الرحم على التقلص عند الولادة.


(n)أبواغ كونيدية
زهرة نبات نجيلي
ربيع
عدوى
سردة كونيدية
جسم قاس فتي
المرحلة الكونيدية
Sphacelia
صيف
(n) جسم قاس
(n) بوغة زقية
قمة الزق
ثمرة زقية
دورقية
منصف
سردة ثمرية زقية
دورقية
انصهار بلاسمي
ونووي
شتاء
ربيع

(شكل5-59): التكاثر ودورة الحياة في فطر ***Claviceps purpurea***

■ رتبة **Pezizales**

تتميز أفراد هذه الرتبة بثمارها الزقية الطبقية وبطريقة تفتح زقاقها الذي يتم من خلال غطاء لذلك توصف بمصطلح Operculate discomycetes. وهي رتبة واسعة تضم 15 فصيلة و 160 جنس و أكثر من 1100 نوع. معظمها رمي في التربة, وفي المناطق المحترقة سابقاً, وعلى الأخشاب المتفككة وروث الحيوانات. وقسم منها يدخل في تعايش مع جذور الأشجار الحراجية مشكلة فطريات جذرية خارجية Ectomycorrhizas. مع وجود استثناءات مثل *Rhizina undulate* الذي يسبب تعفن جذور بعض عريانات البذور. تكون الثمار الزقية غالباً فوق أرضية Epigeous, إلا أن بعضها مثل *Terfezia, Tuber* يشكل ثماراً زقية تحت أرضية Hypogeous.

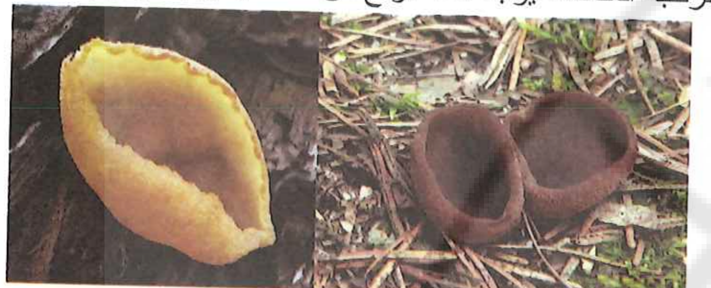
ثمارها الزقية طبقية Apothecium لحمية يتراوح قطرها بين عدة ميليميترات وعدة سنتيميترات, دون سويقة وأحياناً بسويقة, تحوي أصبغة كاروتينية لذلك تكون ألوانها صفراء، حمراء أو برتقالية زاهية. زقاقها أسطوانية تتفتح بغطاء أو بشكل شفة, ويفصل بينها خيوطاً عقيمة Paraphyses. جدر زقاقها ثنائية الطبقات ولكن لا تنفصل الطبقتين عن بعضهما لدى تحرر أبواغها الزقية. تحوي جدر زقاق بعض أنواعها على النشاء فتتلون باليود, بالأزرق أو البنفسجي.الأبواغ الزقية عديمة اللون أو ذات لون بني محمر, وحيدة الخلية وربما وحيدة النواة, رباعية النوى أو عديدة النوى، ذات جدار أملس أو مزين. تؤكل ثمار الكثير منها كثمار الكمأة *Terfezia* والترفل *Tuber*, إلا أن بعضها سام , مسرطن ومميت. ويعتقد أن من أفراد هذه الرتبة نشأ بقية الفطريات الزقية الحقيقية.

جنس *Peziza*:

(فصيلة Pezizaceae)

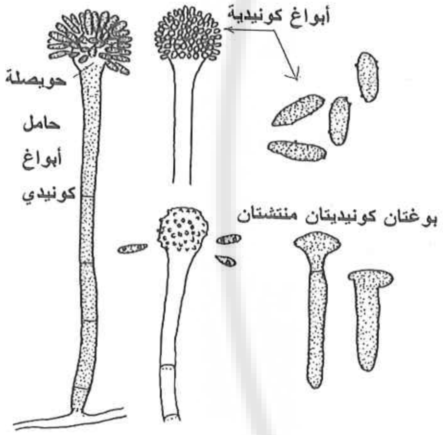
وهو واسع يضم نحو 100 نوع. إنه جنس متعدد الأنواع والعروق . ثماره الزقية طبقية Apothecium تأخذ شكل فنجان بقطر 2-5 سم وربما أكبر ذات لون

بني شاحب (شكل 5-60), لحمية المظهر تتشكل في التربة, في الروث وعلى بقايا الأخشاب الرطبة المتعفنة. يوجد ستة أنواع من هذا الجنس بثمار زقية تحت أرضية.



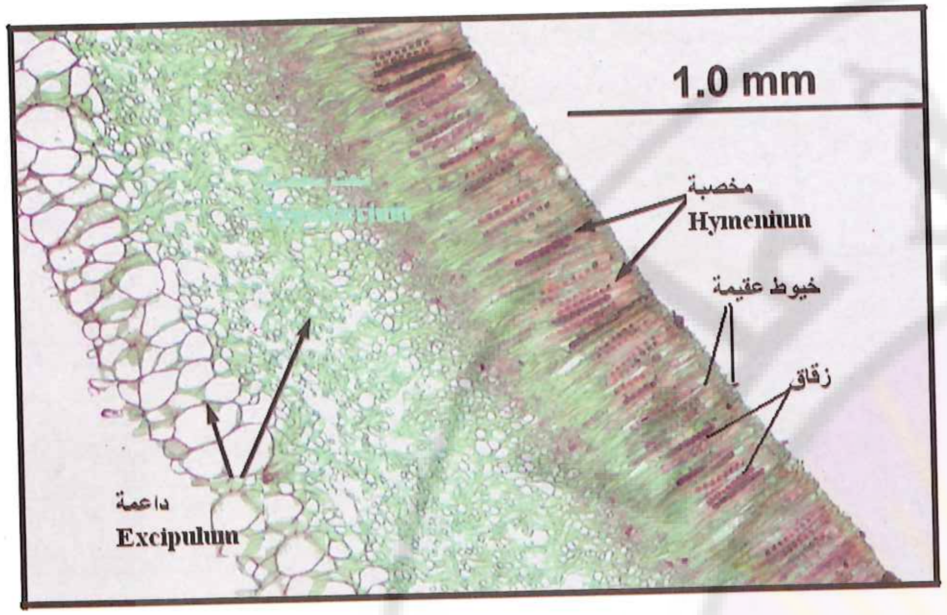
(شكل 5-60): الثمار الزقية الطبقية لدى نوعين من جنس *Peziza*

تعود المرحلة اللاجنسية للنوع .*Peziza* spp إلى جنس *Oedocephalum* (شكل5-61).



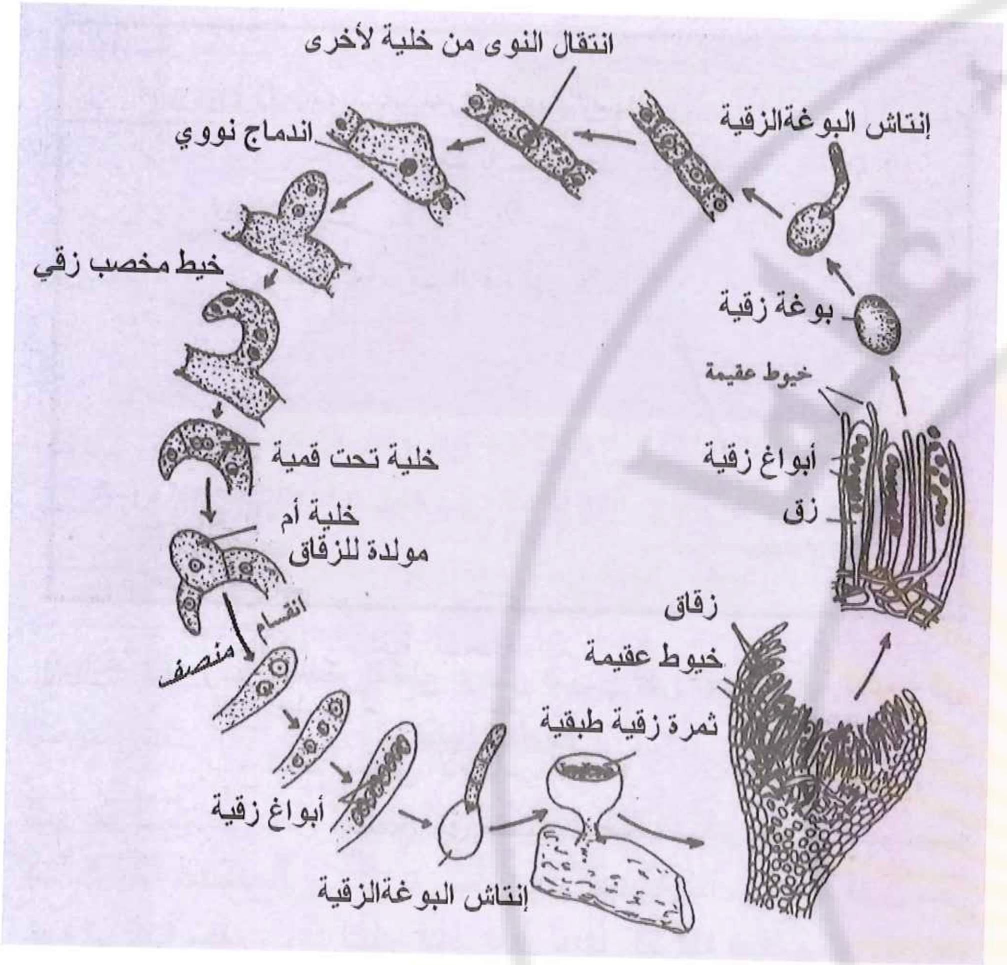
(شكل5-61): المرحلة اللاجنسية لفطر *Oedocephalum* (مرحلته الجنسية تتبع فطر *Peziza subviolacea*)

يظهر المقطع العرضي العمودي على الثمرة الزقية الطبقية لهذا الجنس (شكل5-62) وجود ثلاث طبقات: 1- الطبقة المخصبة Hymenium: التي تتكون من صف من الزقاق,يحوي كل زق بداخله /8/ أبواغ زقية ويفصل بين هذه الزقاق خيوطاً عقيمة جانبية 2- الطبقة تحت المخصبة Hypothecium: وتتكون من خيوط فطرية متماسكة 3- الطبقة الداعمة Excipulum: وتتكون من خيوط فطرية أقل تماسكاً من الطبقة السابقة.


1.0 mm
مخصبة
Hymenium
خيوط عقيمة
زقاق
داعمة
Excipulum

(شكل5−62): رسم تخطيطي لمقطع عرضي عمودي على الثمرة الزقية الطبقية في جنس *Peziza*

تشير الدراسات على جنس *Peziza* إلى عدم تشكل أعضاء تكاثر جنسية نموذجية (مناسل زقية ومناطف), وبالتالي فإن حلقة التكاثر الجنسية تبدأ من هجرة النوى من خلية إلى خلية مجاورة حيث تندمج النوى داخل خلايا المرحلة الديكاريونية, ومن هذه الخلايا ذات النوى المضاعفة الصيغة تتشكل الزقاق وفق الطريقة المعتادة (شكل 5−63) .


انتقال النوى من خلية لأخرى
إنتاش البوغةالزقية
اندماج نووي
خيط مخصب زقي
بوغة زقية
خيوط عقيمة
أبواغ زقية
زق
خلية تحت قمية
خلية أم
مولدة للزقاق
انقسام
منصف
زقاق
خيوط عقيمة
ثمرة زقية طبقية
أبواغ زقية
إنتاش البوغةالزقية

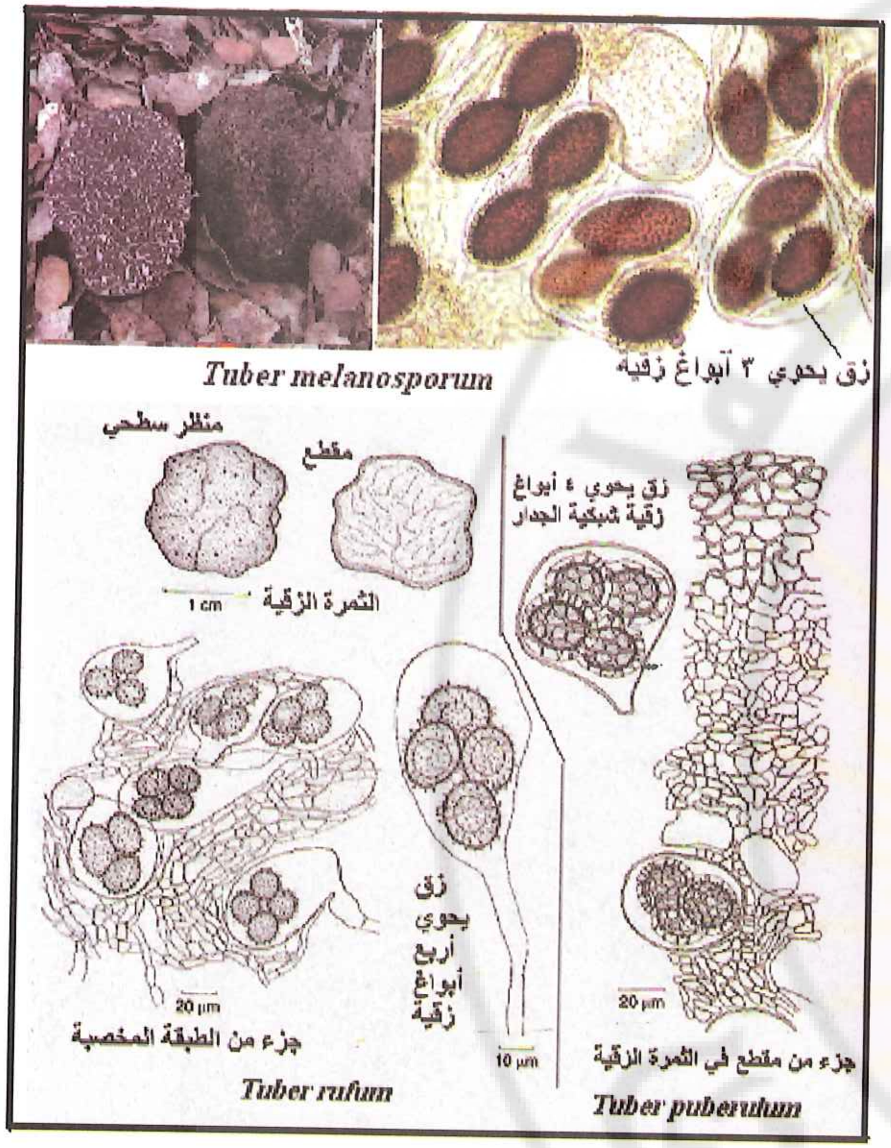
(شكل5-63): حلقة التكاثر الجنسي في جنس *Peziza*

جنس *Tuber* :

(فصيلة Tuberaceae)

لأفراد هذ الجنس أهمية كبيرة نظراً لاستخدامها في التغذية, ناهيك عن أهميتها للنباتات في تشكيلها فطريات جذرية خارجية كالنوع *Tuber aestivum* الذي يرافق أشجار البندق, والنوع *Tuber albidum* الذي يوجد مع أشجار الصنوبر. الثمار الزقية لهذا الجنس، درنية الشكل، تظهر تحت التربة و تأخذ في البداية شكل الطبق Apothecium, وعند النضج لا يلبث الطبق أن ينغلق ليصبح من نمط

Cleistothecium. لثمار الكثير من الأنواع رائحة زكية حيث تستخدم الحيوانات كالكلاب في البحث عنها مدفونة في التربة وتساهم الأرانب والسناجب في انتشارها عندما تتغذى عليها وتلقي بروثها المليء بالأبواغ. من أنواعها *Tuber rufum,* *T.melanosporum* (شكل5–64) حيث تبدو ثمارها كروية الشكل بقطر يصل إلى 4سم وتبدو الثمرة في مقطع, محاطة بغلاف خارجي Peridium، مكون من خلايا ثخينة الغلف ومن جزء مركزي متقطع بعروق تمثل الطبقة المخصبة Gleba المحتوية على زقاق كروية يحوي كل منها بداخله من 1–4 أبواغ زقية مزينة بأشواك (شكل5–64).


زق يحوي ٣ أبواغ زقية
Tuber melanosporum
منظر سطحي
مقطع
الثمرة الزقية
1 cm
زق يحوي ٤ أبواغ زقية شبكية الجدار
زق يحوي أربع أبواغ زقية
20 µm
10 µm
20 µm
جزء من الطبقة المخصبة
جزء من مقطع في الثمرة الزقية
Tuber rufum
Tuber puberulum

(شكل5–64): شكلية وبنية الثمرة الزقية والزقاق في ثلاثة أنواع من جنس *Tuber*

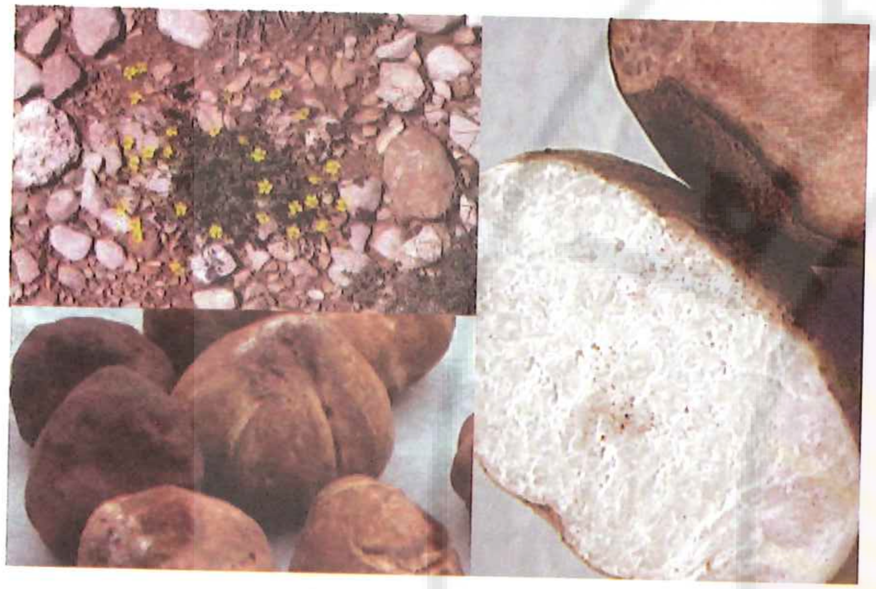
يرى بعض المصنفين وضع هذا الجنس في رتبة مستقلة Tuberales ولكننا وضعناه في تصنيفنا هذا في فصيلة مستقلة Tuberaceae ضمن رتبة Pezizales نظراً لقرابته لفصائل أخرى في هذه الرتبة مثل فصيلة Helvellaceae.

حلقة حياة جنس *Tuber*:

تعود المرحلة اللاجنسية للنوع .*Tuber* spp إلى جنس يشبه *Geniculosporium* ولكن لا يُعرف أهمية هذه المرحلة ولا دورها البيئي, لذلك تعتمد حلقة حياة هذا الجنس على التكاثر الجنسي فقط. تنتش الأبواغ الزقية أحادية الصيغة الصبغية 1n لتشكل خيوطاً فطرية مكونة من قطع خيطية أحادية النوى، وتنمو هذه الخيوط المشيجية باتجاه جذور نبات مضيف شجري ولكنها لا تستطيع في هذه المرحلة أن تشكل مع الجذور فطريات جذرية. تتفاغم خيوط مشيجتين مختلفتين 1n منحدرتين من بوغتين زقيتين مختلفتين لينتج مشيجة فطرية جديدة ديكاريونية تستطيع أن تشكل فطريات جذرية خارجية مع جذور نبات مضيف شجري مناسب (زان, بلوط أو غيره). تبدأ الخيوط الفطرية بالتجمع وتحصل على غذائها من الجذر وتتمايز لتشكل الثمرة الزقية وهذا يتطلب اندماج النوى مثنى مثنى في خلايا مخصبة ديكاريونية متمايزة من المشرة الديكاريونية فتتشكل نوى مضاعفة 2n يُتبع ذلك بانقسام منصف ويتشكل نتيجة ذلك الأبواغ الزقية التي تكون وحيدة أو متعددة النوى. قد يصل ثمن الكيلوغرام الواحد من هذا الفطر إلى 2000 يورو في أوربا ويُستعان بكلاب مدربة لجمع الثمار الزقية نظراً لرائحتها الزكية. ويتم زراعتها في الطبيعة في مزارع تحوي شتلات من أشجار البندق والزان والبلوط ويتم جمع حوالي 1000طن من أنواع الفطر سنوياً وتجري الأبحاث لزراعة الفطر في شروط معقمة إلا أن ذلك لم يتحقق حتى الآن على مستوى اقتصادي.

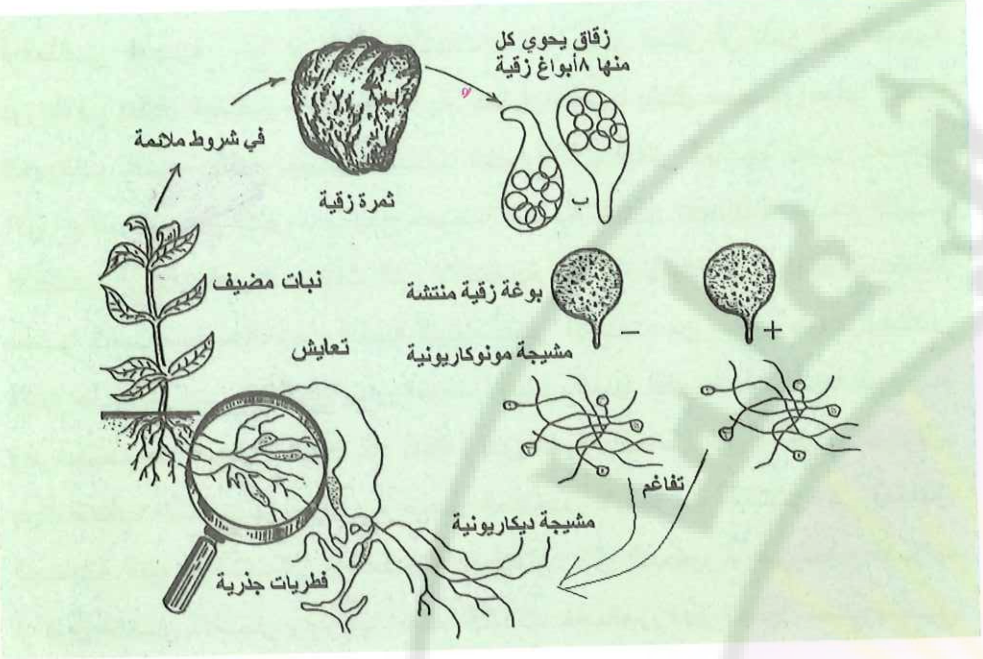
أما فطر *Terfezia* الذي يسميه بعضهم ترفل الصحراء Desert Truffles أو الكمأة (شكل 5-65) فينمو في جنوب أوروبا والشرق الأوسط وقد جمع من مناطق مختلفة في سورية (البادية السورية, دير الزور, دير عطية, ضمير)، ويشكل فطريات جذرية خارجية أو داخلية كبيبية مع نباتات عشبية كبعض أنواع جنس *Helianthemum* وفقاً للظروف البيئية المحيطة ونوع النبات المضيف. ويعتبر جنس *Terfezia* أكثر ارتباطاً بأفراد فصيلة Pezizaceae من ارتباطه بفصيلة

Tuberaceae والجنس *Tuber*. وتميل التصانيف الحديثة لوضعه ضمن رتبة Pezizales في فصيلة مستقلة Terfeziaceae. وله أهمية كبيرة في النظم البيئية المتوسطية لاسيما بزيادة تحمل نباتاتها للجفاف. يضم هذا الجنس نحو /36/ نوع .



(شكل5-65): ثمار زقية لأحد أنواع الكمأة *Terfezia* والنبات المضيف *Helianthemum*

أما حلقة حياة جنس *Terfezia* فتماثل بخطوطها العريضة حلقة حياة جنس *Tuber* مع الأخذ بالحسبان الفروق التي أشرنا إليها (شكل5-66).


زقاق يحوي كل
منها ٨أبواغ زقية
في شروط ملائمة
ثمرة زقية
ب
نبات مضيف
بوغة زقية منتشة
−
+
تعايش
مشيجة مونوكاريونية
تفاغم
مشيجة ديكاريونية
فطريات جذرية

(شكل5-66): حلقة حياة جنس *Terfezia*

5-7-7 الفطريات المشكلة للأشنات **Lichenized Fungi**:

أشير إلى الأشنات بدايةً عام 1866من قبل de Bary ثم مُيزت بشكل واضح عام 1867من قبل Schwendener. وهي علاقة تعايش Symbiosis بين متعضيتي فطر، وطحلب أخضر أو جراثيم زرقاء Cyanobacteria، يقود إلى تشكيل مشرة مستقرة ذات بنية خاصة، يشكل الفطر الجزء الأكبر من كتلة هذه المشرة لاسيما السطح الخارجي. لذلك برز مصطلحا الساكن الخارجي Exhabitant للدلالة على الفطر, والساكن الداخلي Inhabitant للدلالة على الطحلب الذي يأوي داخل الفطر. يستفيد الشريك الفطري من المركبات الكربوهيدراتية التي يصنعها الطحلب من خلال عملية التركيب الضوئي, إضافة لمركبات النمو مثل الثيامين والبيوتين, وكذلك يستفيد من الآزوت المثبت من الجو عندما يكون في مشرة الأشنات جراثيماً زرقاء, على حين يؤمن الفطر لخلايا الطحلب الحماية من الشروط البيئية المتطرفة ومن أشعة الشمس الشديدة ولم يُثبت حتى الآن أي دور للفطر بتزويد الشريك الطحلبي بالماء

أو العناصر المعدنية . أما عن أهمية الأشنات كمعقد حيوي فيمكن أن نشير إلى أهمية دورها في تفكيك الصخور وتحويلها لتربة, كما أن بعضها يشكل مصدراً غذائياً هاماً للحيوانات, إضافة لإنتاج بعضها للصادات الحيوية ذات التأثير المثبط لنمو بعض الأنواع الجرثومية, والكثير منها ينتج حموضاً أشنية Lichen acids تمنع التهام الأشنات من قبل بعض الحيوانات التي لا تستسيغ طعمها، ناهيك عن إمكانية استخدام بعضها كأصبغة طبيعية. ومن الناحية البيئية, تعتبر الأشنات, من حيث وجودها ومدى انتشارها, مؤشرات حيوية عن مدى التلوث لاسيما بأكاسيد الكبريت, وبالأشعة النووية وقد استخدم هذا المؤشر بالفعل عام 1986 لدى انفجار المفاعل النووي في تشرنوبل, حيث تتطلب الأشنات هواءً نقياً ولا تتحمل الضباب ولا الغازات المنتشرة في المناطق الصناعية. تنمو الأشنات في أوساط متنوعة فتشاهد فوق الصخور وعلى سطح الترب أو فوق أغصان الأشجار وأوراقها. تملك الأشنات خصائص مميزة يسهل تصنيفها في حال وجود مفتاح تصنيفي جيد, وبما أن الفطر يمثل الجزء الأكبر في هذه العلاقة لذلك فإن التصانيف الحديثة تميل لتصنيفها بناءً على الموقع التصنيفي للفطر الذي يدخل في تركيب الأشنات. إن زراعة الشريكين في هذا التعايش في المختبر في شروط عقيمة وبشكل منفصل, قد بين سهولة نمو الطحلب وصعوبة نمو الفطر, حتى أن الفطر لا يبدي في المختبر نفس خصائصه المميزة في مشرة الأشنات. يتكاثر الفطر في هذه العلاقة التعايشية ويتم حلقات تكاثره الجنسية واللاجنسية بسهولة ويسر، على حين أن حلقة حياة الطحلب تبدو متوقفة, ويسيطر الفطر على انقسام خلايا الطحلب. إن طبيعة الإشارات المتبادلة بين الشريكين مازالت غير معروفة. وقد وصف حتى الفترة الحالية نحو 13500 نوع فطري يدخل في تشكيل الأشنات، ولكن هذا العدد يمكن أن يصل إلى 18000 نوع في الفترة المقبلة. وعلى العكس من ذلك فإن نحو 100 نوع و40 جنساً من الطحالب تم تحديد مشاركتها في هذه العلاقة ولاشك أن العدد أكبر من ذلك ولا بد أن يرتفع, ويعود السبب في ذلك إلى الإهتمام الأقل في تصنيف الشريك الطحلبي مقارنة مع الشريك الفطري.

يعود أغلب الطحالب المشاركة في الأشنات إلى الأجناس التالية: *Trebouxia* الذي يشارك في 50% من الأشنات و *Trentepohlia* من الطحالب الخضراء, والنوستوك *Nostoc* من الجراثيم الزرقاء. وتكون نسبة مشاركة الطحالب الخضراء في هذه العلاقة بحدود 85% والزرقاء بنسبة 10% تقريباً. أما الجزء الباقي فيدخل فيه الطحالب الخضراء والزرقاء معاً. أما الفطريات المشاركة في هذا التعايش فهي من الفطريات الزقية الحقيقية بنسبة تفوق 98%, وقلة من الفطريات الناقصة ونحو 20 نوع من الفطريات الدعامية. وتستطيع الأشنات أن تستوطن مواطن أرضية لا تستطيع النباتات الراقية أن تستقر فيها بسبب قدرتها على تحمل الظروف البيئية شديدة التطرف كالجفاف والأشعة الشمسية الشديدة. وتستطيع أن تنتشر على الصخور وفي الترب غير الخصبة وتشكل عامل تجوية للصخور بسبب إفرازها لحمض الأوكساليك Oxalic acid. وتظهر الأشنات أيضاً في الحدائق وعلى أوراق الأشجار وحتى في المياه العذبة والبحرية, وفي كل الأقاليم المناخية. تحيا مشرات الأشنات أكثر من ألف عام لذلك تستخدم في تقدير عمرالسطوح الصخرية بسبب معدل نموها البطيء. وسوف نتحدث عن السمات الأساسية للأشن وعن بعض الأمثلة عنها من رتبة Lecanorales التي تمثل الرتبة الأكبر من الفطريات الأشناتية.

5-7-7-1 خصائص الأشنات الحياتية:

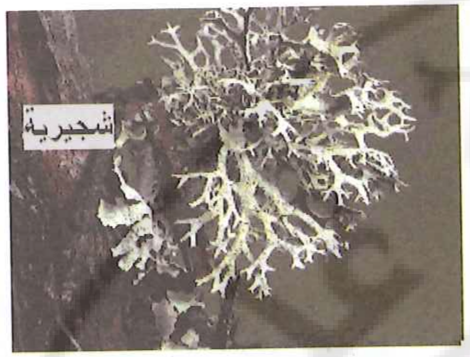
تأخذ الأشنات أحد ثلاثة أنماط شكلية:

1- الأشنات القشرية Crustose lichens: وتبدو مشرة الأشنات بشكل قشور ملتصقة بسطحها السفلي, بإحكام إلى الوسط، وفصلها عن الوسط يقود إلى تمزقها, ومثالها *Lecanora muralis, Rhizocarpon geographicum*.

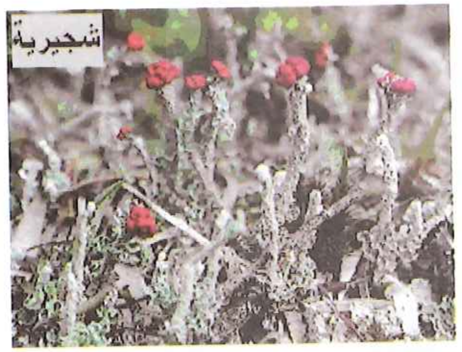
2- الأشنات الورقية Foliose lichens: وتبدو مشرة الأشنات بشكل صفائح ورقية رقيقة تتثبت إلى الوسط بخيوط فطرية تدعى Rhizinae, ويمكن فصلها عن الوسط دون أن نضر بها, ومثالها *Peltigera canina, Parmelia caperata*.

3- الأشنات الشجيرية Fruticose lichens: وتأخذ الأشنات هنا شكلاً شجيرياً أو مظهراً متغصناً تتثبت إلى الوسط من قاعدتها أو تكون معلقة تتدلى من الأعلى باتجاه الأسفل, ومثالها *Cladonia floerkiana, Cladina rangiferina, Usnea florida* (شكل5-67).

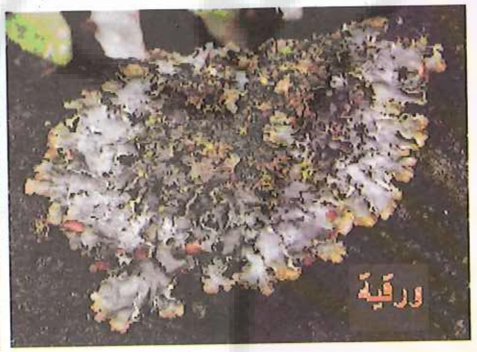
وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University



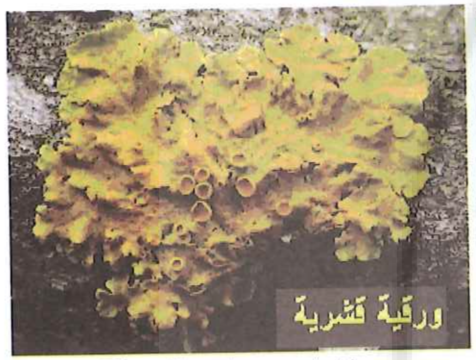
Pseudoevernia furfuracea



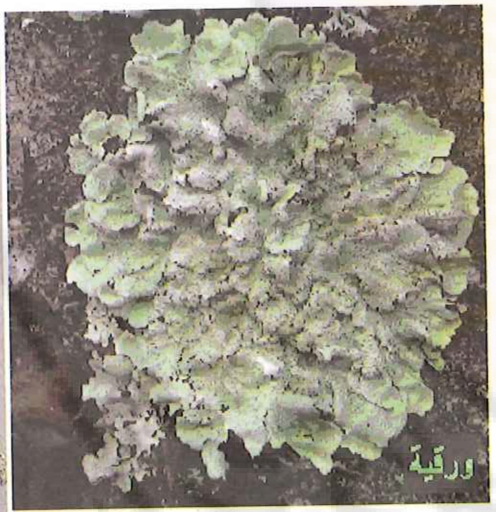
Cladonia floerkeana



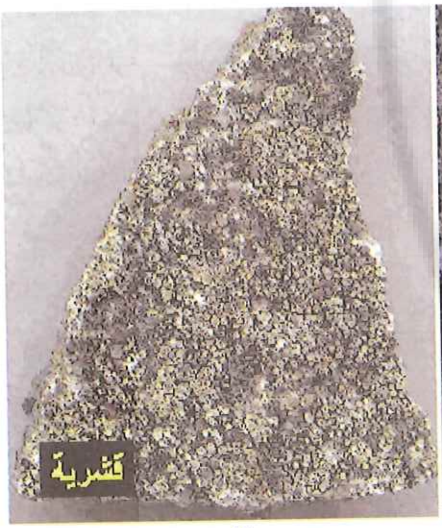
Peltigera sp.


ورقية قشرية

Xanthoria parietina



Parmelia caperata

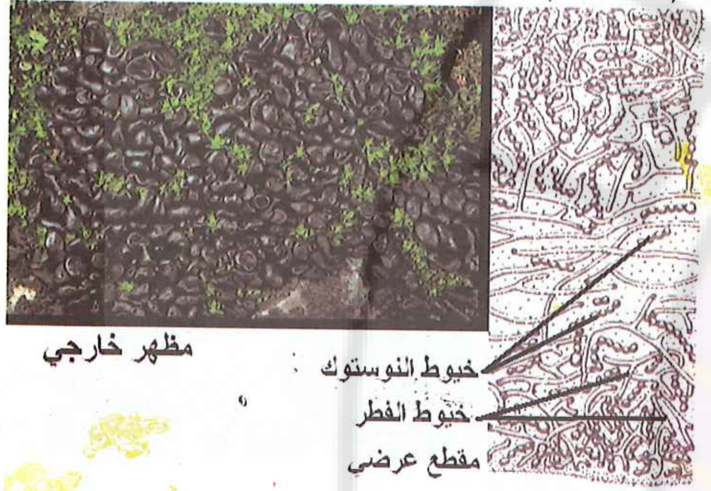


Lecanora dispersa

(شكل5-67) أشكال مشرات الأشنات

تشريحياً, يمكن تقسيم مشرات الأشنات في نمطين تشريحيين:

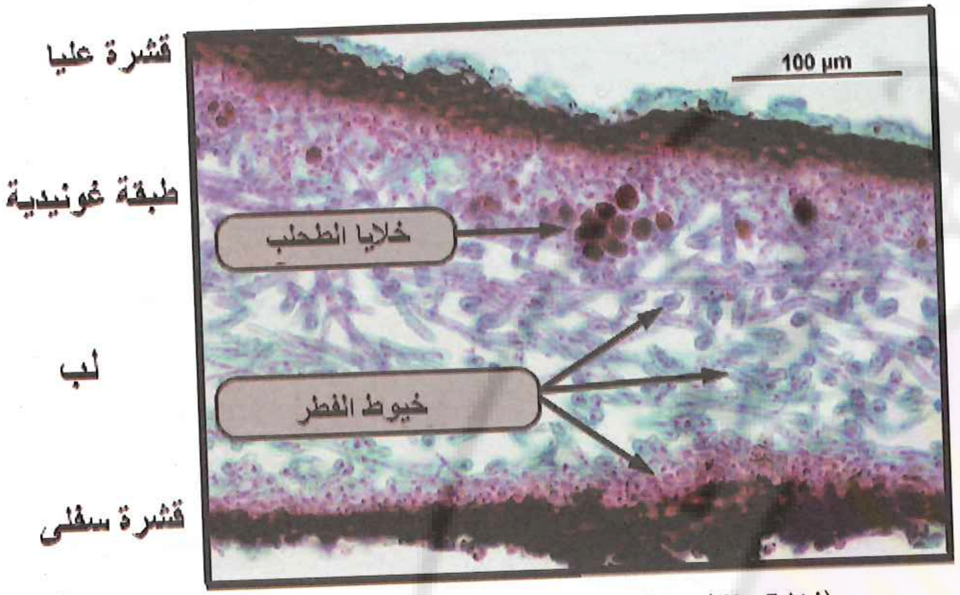
1- أشن ذات مشرات متجانسة Lichens of homeomerous thallus: ومثالها الجنس *Collema*, حيث يبدي المقطع العرضي في أشن هذا النمط تجانساً في البنية حيث تلاحظ خيوط الفطر والطحلب موزعة بشكل متجانس ضمن مادة مخاطية تفرزها الأشنة (شكل5-68).



(شكل5-68): مقطع عرضي في مشرة أشن متجانس المشرة (الجنس *Collema*)

2- أشن ذات مشرات غير متجانسة Lichens of heteromerous thallus: ومثالها الجنس *Physcia* = *Xanthoria* حيث يبدي المقطع العرضي في مشرة هذا النمط وجود عدة طبقات:

- قشرة عليا مشرية Epithallus upper cortex: تتكون من خيوط فطرية متماسكة تشبه البرانشيم في مظهرها.
- طبقة غونيدية (منسلية) Gonidial layer: وتتكون من خيوط فطرية غير متماسكة يتخللها خلايا الطحلب.
- لب Midulla: وتتكون من خيوط فطرية غير متماسكة.
- قشرة سفلى مشرية Hypothallus lower cortex: تشبه القشرة العليا المشرية حيث تتكون من خيوط فطرية متماسكة تشبه البرانشيم في مظهرها (شكل5-69).


قشرة عليا
طبقة غونيدية
لب
قشرة سفلى
100 µm
خلايا الطحلب
خيوط الفطر

(شكل5-69): مقطع عرضي في مشرة أشن غير متجانس المشرة

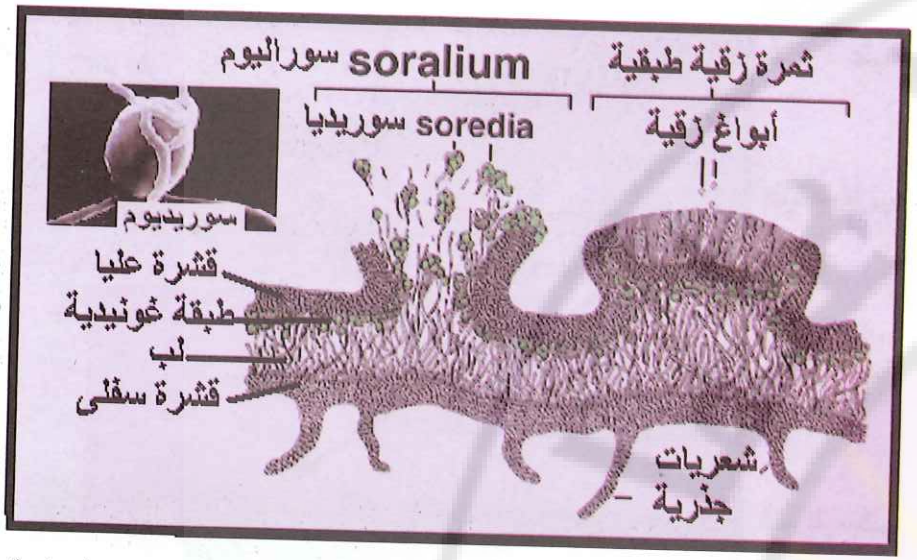
5-7-7-2 التكاثر لدى الأشنات Lichens reproduction:

يتم التكاثر لدى الأشنات بطريقين رئيسيين:

1- التكاثر الإعاشي: ويتم بالطرق التالية:

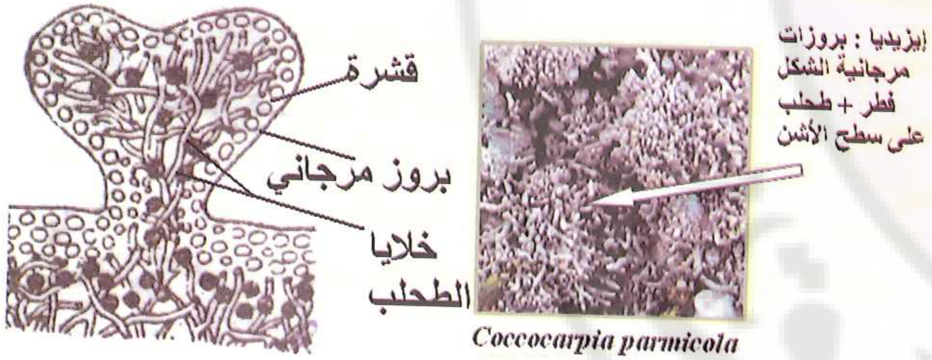
أ- تجزؤ وتقطع المشرة حيث ينمو كل جزء ليكون مشرةً جديدة ويتم غالباً بالحيوانات اللافقارية التي تتغذى عليها وتخرج قطعاً مع برازها.

ب- السوريديوم Soridium: وحدة صغيرة مخصبة تتكون من مجموعة من الخلايا الطحلبية المحاطة ببعض الخيوط الفطرية حيث تخرج من مشرة الأشنات المتمزقة لتنتش إلى مشرة كاملة. جمعها Soridia وتجمعاتها السطحية المتمايزة لدى خروجها من مشرة الأشنات المتمزقة تسمى Soralium (جمعها Soralia) (شكل5-70).


سوراليوم soralium
ثمرة زقية طبقية
سوريديا soredia
أبواغ زقية
سوريديوم
قشرة عليا
طبقة غونيدية
لب
قشرة سفلى
شعريات جذرية

(شكل5-70) التكاثر الإعاشي لدى الأشنات بتشكيل السوريديا والجنسي بتشكيل ثمرة زقية طبقية

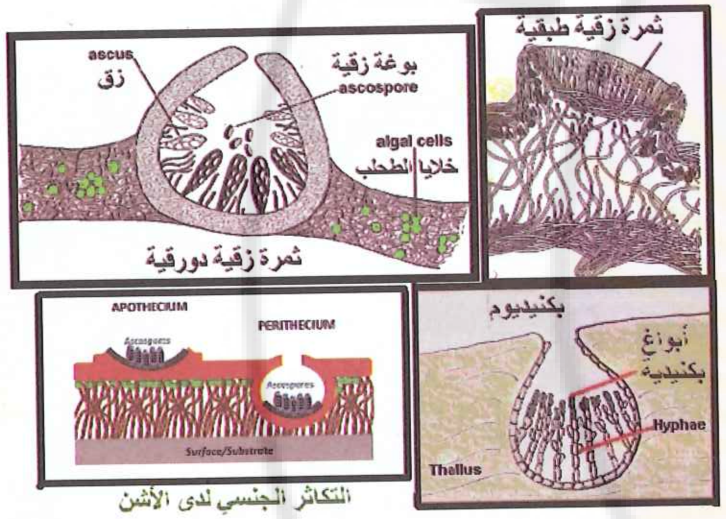
ج- الإيزيديوم Isidium: حليمة مرجانية الشكل بسيطة أو متفرعة محاطة بقشرة مشرة الأشنات يمكن أن تنفصل وتتطور لتشكل مشرة كاملة وجمعها Isidia (شكل 5-71).


قشرة
بروز مرجاني
خلايا الطحلب
Coccocarpia parmicola
إيزيديا : بروزات مرجانية الشكل فطر + طحلب على سطح الأشن

(شكل5-71): التكاثر الإعاشي لدى الأشنات بالإيزيديا

2- التكاثر الجنسي:

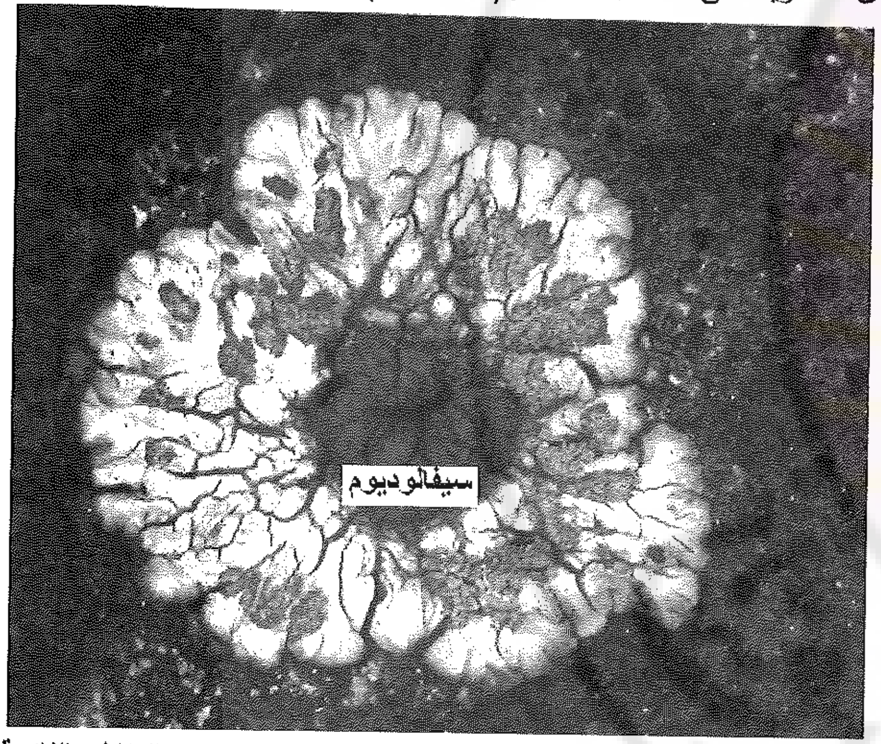
ويتم وفقاً للشريك الفطري المسيطر بتشكيل ثمار زقية طبقية Apothecia لا تتفتح زقاقها بغطاء، كما في الأجناس *Xanthoria, Peltigera* على سبيل المثال لا الحصر, أو أحياناً بتشكيل ثمار زقية دورقية Perithecia أو دورقية كاذبة Pseudothecia, ولكن لم يعرف تشكل ثمار زقية كروية مغلقة . أما عن آلية تشكل هذه الثمار الزقية فيتم بنفس الآلية التي تحدثنا عنها سابقاً عند الفطريات الزقية, وقد لوحظ وجود حالات كونيدية لدى بعضها غالباً ضمن أجواف بكنيدية ربما ذات دورين جنسي ولا جنسي (شكل5-72).


ثمرة زقية طبقية
ascus
زق
بوغة زقية
ascospore
algal cells
خلايا الطحلب
ثمرة زقية دورقية
بكنيديوم
أبواغ بكنيدية
Hyphae
Thallus
APOTHECIUM
PERITHECIUM
Ascospores
Ascospores
Surface/Substrate
التكاثر الجنسي لدى الأشن

(شكل5-72): التكاثر الجنسي لدى الأشنات بتشكيل ثمار زقية طبقية ودورقية, والأجواف البكنيدية

تستطيع الأبواغ الزقية المتشكلة والأبواغ الكونيدية أن تنتش معطية مشرة الفطر وهنا لا بد من دخول خلايا الشريك الطحلبي لداخل مشرة الفطر كي يبنى هذا التعايش, ولكن لا يعرف كيف يتم دخول خلايا الطحلب إلى داخل مشرة الفطر، ويبدو أن الموضوع معقدٌ يؤثر فيه عدة عوامل وراثية وبيئية ولابد من تعرف الشريكين على بعضهما, وربما يؤدي سطح جزيئات مثل الليكتين Lectins دوراً في ذلك. ويمكن أن

تتشكل طليعة مشرة الأشنات باندماج الشريكين بطرق مختلفة: انصهار الإيزيديا, السوريديا أو انصهارخلايا ومشرة الشريكين، ويحدث ذلك ولو لم يكن هناك توافق كامل بينهما ويدل على ذلك وضوح منطقة الالتحام في بعض الحالات كما فـي أشن *Rhizocarpon geographicum* حيث تبدو منطقة الانصهار بين مشرتي الشريكين، ربما غير المتوافقتين تماماً، بخط هامشي أسود. وفي بعض الأشنات عندما يكون الشريك الطحلبي من الطحالب الخضراء, يتعقد الموضوع أكثر باندماج شريك ثالث من الجراثيم الزرقاء وعندها يطلق على هذه المنطقة التي تحتوي الجراثيم الزرقاء بالسيفالوديا Cephalodia التي تختلف شكلياً عن بقية أجزاء مشرة الأشنات الأخرى المحتوية على الطحلب الأخضر(شكل5-73).



(شكل5-73): مظهر أشن ورقي *Placopsis gelida* حيث تحتوي المناطق الفاتحة على طحلب أخضر أما العاتمة فتدل على وجود الجراثيم الزرقاء Cyanobacteria

5-7-8 شعبة الفطريات الدعامية Basidiomycota:

5-7-8-1 خصائص عامة:

تدعى الفطريات الدعامية بالفطريات الهراوية Club fungi لأن الخلية (الدعامة Basidium) التي يتولد منها الأبواغ الدعامية Basidiospores جنسياً في كثير منها ذات شكل هراوي يشبه مضرب التنس.

وقد جمعها بعض المصنفين مع الفطريات الزقية تحت مملكة واحدة Dikarya نظراً للمرحلة الديكاريونية (ثنائية النوى) Dikaryotic stage الطويلة التي تبرزها أفرادها خلال حلقة حياتها عندما تتفاغم خلايا خيوطها فيحدث اندماج بلاسمي ويتأخر الإندماج النووي. وهي مجموعة كبيرة من الفطريات تضم أكثر من 30000 نوع يدخل ضمنها الأغاريكونات والفطريات الاستنادية والهراوية والنفثية والنتنية والنجوم الأرضية والعشية والهلامية وغيرها أقل شهرة. ويدخل ضمنها أيضاً فطريات الصدأ والتفحم التي تتطفل على النباتات الراقية وتسبب خسارة اقتصادية لمحاصيل الحبوب. معظم أفراد هذه المجموعة أرضية المعيشة تنتشر أبواغها بالرياح. إلا أن بعضها يعيش في المياه العذبة والمالحة, كما أن الكثير منها يحيا حياة رمية ويقوم بتفكيك الدبال والأخشاب ولها أهمية كبيرة في دورات العناصر المغذية. وبعضها يتطفل على الأخشاب مثل فطر العسل *Armillaria mellea* وفطر *Heterobasidion annosum* الذي يهاجم المخروطيات. وبعضها يتعايش مع جذور النباتات الحراجية مشكلاً فطريات جذرية خارجية مثل بعض أنواع *Amanita, Boletus*. بينما يتطفل فطر *Rhizoctonia* على عدد كبير من النباتات أو يشكل فطريات جذرية داخلية كبيبية مع بعض نباتات الفصيلة السحلبية Orchidaceae. أما الثمار الفطرية لبعض الأنواع فهي صالحة للتغذية وذات أهمية اقتصادية كبيرة مثل *Agaricus bisporus* ذو الثمار الدعامية البيضاء, *Pleurotus* spp. و *Lentinula edodes*. وبالمقابل هناك فطريات سامة مثل *Amanita phalloides, Amanita muscaria, Psilocybe* spp.,. يمكن لمشيجة الفطريات الدعامية أن تحيا فترة طويلة جداً ويُستدل على ذلك من ازدياد القطر السنوي لما يسمى بحلقة الجن (شكل 5-74)، ففي

الغابات الكندية يعود عمر مشيجة فطر *Armillaria* إلى أكثر من 1500 سنة بامتداد يصل إلى 15 هيكتار.

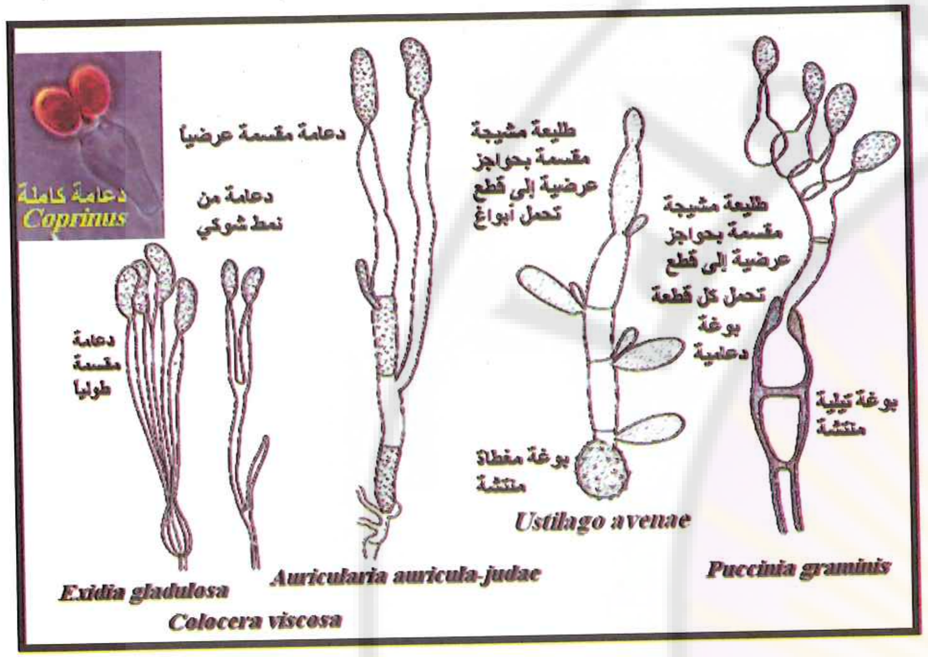
(شكل5-74): حلقة الجن Fairy Ring والثمار الدعامية لفطر *Marasmius oreades*

لا تنمو جميع الفطريات الدعامية بشكل خيوط، فبعضها خميري وبعضها ثنائي الشكلية. ومن الفطريات ثنائية الشكلية نذكر *Cryptococcus = Filobasidella* الذي يعتبر فطراً فتاكاً, يصيب دماغ الإنسان, مسبباً آفات تعرف باسم Cryptococcosis.

تمثل الدعامة Basidium البنية التي يحدث فيها التكاثر الجنسي لدى الفطريات الدعامية Basidiomycota. وهي خلية مولدة للأبواغ تنتج الأبواغ الدعامية خارجياً لتحمل غالباً على زوائد Sterigmata, وعدد الأبواغ الدعامية على الدعامة أربع أبواغ ولكن يمكن أن يكون بوغة, بوغتين أو أكثر من أربع أبواغ.

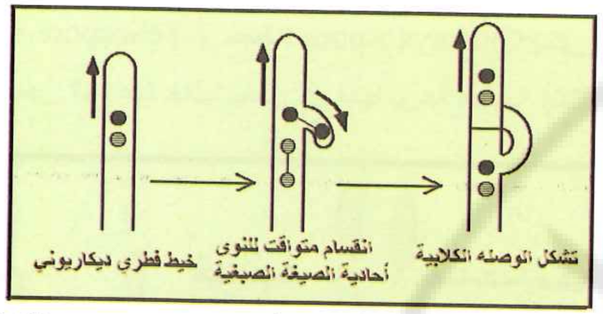
وللدعامة أشكال مختلفة ولهذا أهمية تصنيفية. فقد تكون الدعامة مضربية الشكل مكونة من خلية غير مقسمة بحواجز فتسمى مثل هذه الدعامات بالدعامات الكاملة Holobasidia، وقد لا يكون جسم الدعامة مقسما بحواجز إنما تأخذ الدعامة شكل شوكة متفرعة ثنائياً ويحمل كل فرع في نهايته بوغة دعامية. وقد تتقسم الدعامة بحواجز عرضية أو طولية. ويطلق على الدعامات المقسمة بحواجز اسم الدعامات المتقسمة Phragmobasidia أو غير المتجانسة Heterobasidia. وفي فطريات الصدأ (رتبة Uredinales) والتفحم (رتبة Ustilaginales) تتشكل الدعامة من خلية

تسمى بوغة تيلية Teliospore أو مغطاة Chlamydospore تنتش لتعطي طليعة خيط مقسمة بحواجز إلى عدة خلايا يحمل كل منها بوغة دعامية (شكل 5-75).


دعامة كاملة
Coprinus
دعامة مقسمة عرضياً
دعامة من نمط شوكي
دعامة مقسمة طولياً
طليعة مشيجة مقسمة بحواجز عرضية إلى قطع تحمل أبواغ
بوغة مغطاة متنشة
طليعة مشيجة مقسمة بحواجز عرضية إلى قطع تحمل كل قطعة بوغة دعامية
بوغة تيلية متنشة
Ustilago avenae
Puccinia graminis
Auricularia auricula-judae
Exidia gladulosa
Colocera viscosa

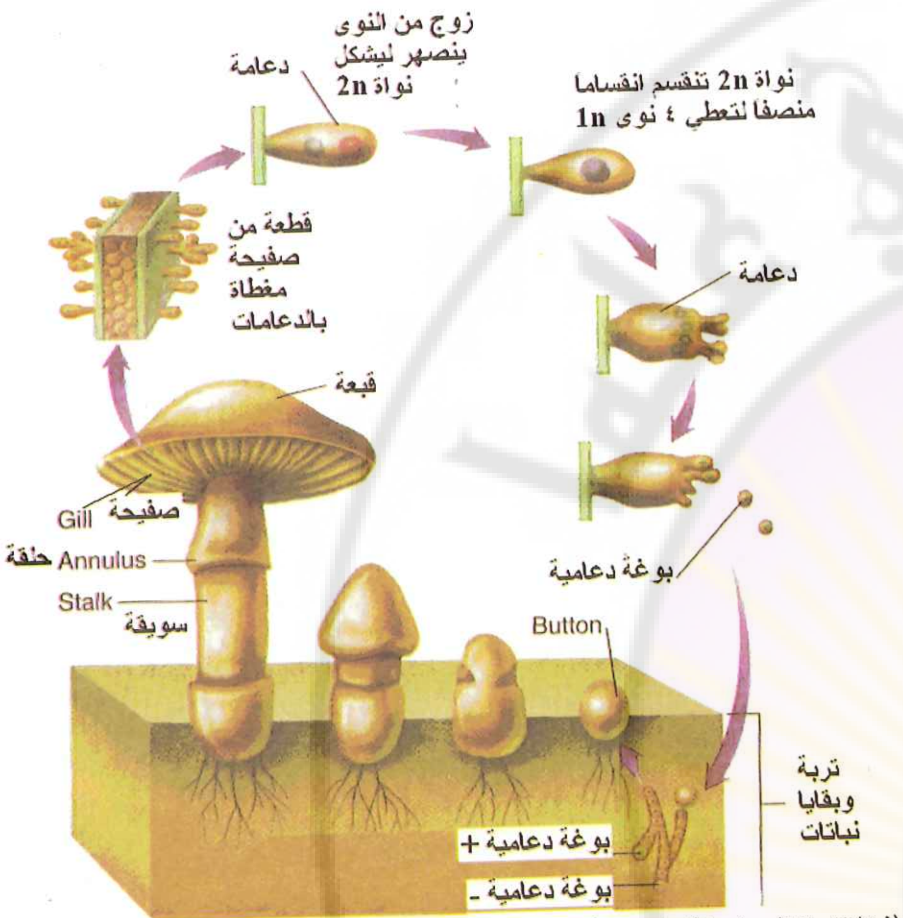
(شكل 5-75): بعض أنماط الدعامات لدى الفطريات الدعامية

وبشكل عام فإن تشكل الدعامات والأبواغ الدعامية يتطلب التقاء خيطين فطريين من طابعين وراثيين مختلفين (+ و −) يتفاغمان وينصهران ليشكلا خيطاً ديكاريونياً (ثنائي النوى) نتيجة حدوث اندماج بلاسمي وتأخر الانصهار النووي. ويسهل تشكل هذه المرحلة مايسمى بالوصلات الكلابية Clamp connections (شكل 5-76) التي تلاحظ في معظم الفطريات الدعامية.


خيط فطري ديكاريوني
انقسام متوافق للنوى أحادية الصيغة الصبغية
تشكل الوصلة الكلابية

(شكل 5-76): آلية تشكل الوصلة الكلابية Clamp connection لدى غالبية الفطريات الدعامية

وبعد حدوث الانصهار النووي يتشكل في نهايات الخيوط خلايا انتهائية بنوى مضاعفة 2n, تشكل كل خلية انتهائية دعامة, أما نواتها المضاعفة فتتعرض لانقسام منصف يقود لتشكيل أربع نوى أحادية 1n, تنبثق خارج الدعامة لتصبح أربع أبواغ دعامية محمولة على الدعامة خارجياً، ويبدو في الشكل (5-77) واضحاً كيف تتوضع الدعامات على الصفائح Gills في فطريات المشروم Mushrooms. وغالباً ما تحمى هذه الأبواغ الجنسية داخل جسم ثمري Fruiting body يفيد في حمايتها ويساعد على انتشارها .


زوج من النوى ينصهر ليشكل نواة 2n
دعامة
نواة 2n تنقسم انقساما منصفا لتعطي ٤ نوى 1n
قطعة من صفيحة مغطاة بالدعامات
دعامة
قبعة
Gill صفيحة
حلقة Annulus
Stalk سويقة
Button
بوغة دعامية
تربة وبقايا نباتات
بوغة دعامية +
بوغة دعامية -

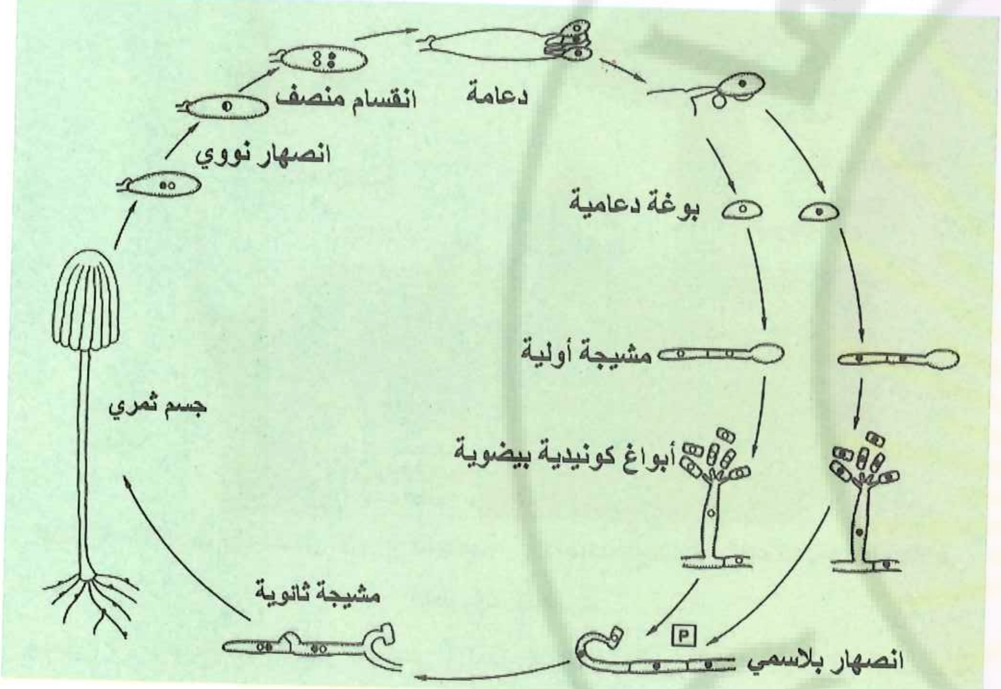
(شكل5-77): طريقة تشكل الأبواغ الدعامية Basidiospores والدعامات Basidia في الفطريات الدعامية

ويمكن أن نوضح آلية التكاثر الجنسي وتشكل الدعامات التي تحمل الأبواغ الدعامية وفق ما يلي:

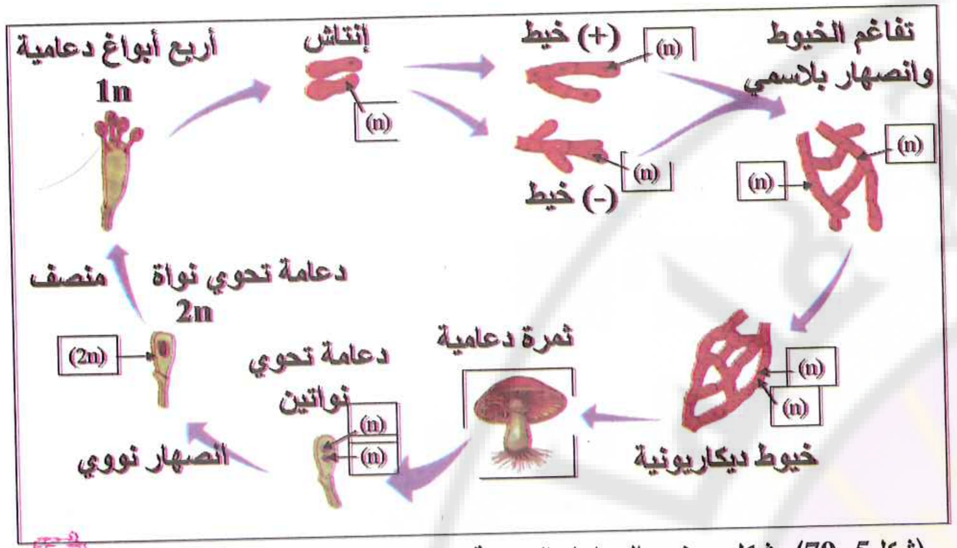
ينصهر خيطان فطريان أحاديي الصيغة الصبغية Haploid من نمطين تآلفيين مختلفين Opposite mating types فيتشكل خيط فطري ديكاريوني Dikaryotic hypha. يستطيع هذا الخيط الديكاريوني أن يشكل جسماً ثمرياً Fruit body وتبدأ الصفائح Gills بالتشكل حاملةً على سطحها الدعامات Basidia, ثم يحدث الانصهار النووي ليتشكل نواة مضاعفة الصيغة الصبغية Diploid nucleus في كل دعامة,

وبعد ذلك تتعرض هذه النواة المضاعفة الصيغة الصبغية لانقسام منصف فيتشكل أربع نوى لا تلبث أن تهاجر إلى سطح الدعامة ليشكل كل منها بوغة دعامية غالباً ما تكون محمولة على زائدة ممتدة من الدعامة. تتحرر الأبواغ الدعامية بواسطة الرياح لتنتش في الظروف الملائمة معطية خيطاً فطرياً أحادي الصيغة الصبغية (شكل5-78 و 5-79).

ونشير هنا إلى أن 10% من الفطريات الدعامية متجانس المشرة و 90% منها متخالف المشرة.


دعامة
انقسام منصف
انصهار نووي
بوغة دعامية
مشيجة أولية
جسم ثمري
أبواغ كونيدية بيضوية
مشيجة ثانوية
P
انصهار بلاسمي

(شكل5-78): تمثيل تخطيطي للمراحل التي تتوالى في حلقة حياة فطر دعامي **Coprinus** من فطريات **Mushrooms**


تفاغر الخيوط وانصهار بلاسمي
(n)
(+) خيط
(-) خيط
إنتاش
(n)
أربع أبواغ دعامية
1n
دعامة تحوي نواة
2n
منصف
(2n)
دعامة تحوي نواتين
ثمرة دعامية
خيوط ديكاريونية
انصهار نووي

(شكل5-79): شكل يوضح المراحل الصبغية التي تتوالى خلال تشكل الدعامات والأبواغ الدعامية في فطريات **Mushrooms**

تُنتج الثمار الدعامية كميات هائلة من الأبواغ الدعامية تقدر في فطر *Agaricus compestris* بنحو 40 مليون بوغة دعامية/ساعة .

يكون التكاثر اللاجنسي في الفطريات الدعامية أقل انتشاراً مما هو عليه في الفطريات الزقية. ويتم بتشكيل بنيات مختلفة تتمثل بما يلي:

أبواغ بيضوية Oidia أو كونيدية مفصلية Arthroconidia أو أبواغ كونيدية تفجرية Blastic conidia, أو أبواغ مغطاة Chlamydospores انتهائية أو بينية, أو أعضاء برعمية Bulbils تشبه ثمرة التوت البري وتتطور من نسيج ضام كاذب متعدد الخلايا .

5-7-8-2 تصنيف الفطريات الدعامية:

لقد اعتمد في تصنيف الفطريات الدعامية على معايير مختلفة (وجود الدعامات والأبواغ الدعامية, شكلية الدعامات, وجود الوصلات الكلابية,...) وبذلك برزت تصانيف مختلفة, وتم تعديلها باستمرار لاسيما بعد تقدم العلوم وصولاً إلى التصانيف المعتمدة على تتالي النيكليوتيدات, ومقارنات الحموض النووية. تُقسم شعبة الفطريات الدعامية إلى أربعة صفوف:

* صف الفطريات الدعامية المتجانسة Homobasidiomycetes: ويضم الفطريات الدعامية ذات الدعامات الكاملة Holobasidia مثل: *Agaricus, Polyporus* *Coprinus* وغيرهم.

* صف الفطريات الدعامية غير المتجانسة Heterobasidiomycetes: ويضم الفطريات الدعامية ذات الدعامات غير المتجانسة مثل الفطريات الدعامية الهلامية Jelly fungi ومثيلاتها.

* صف الفطريات اليوريدينية Urediniomycetes ويضم فطريات الصدأ Rust fungi.

* صف الفطريات الأوستيلاجينية Ustilaginomycetes: ويضم فطريات التفحم Smut fungi.

لقد تحدثنا عن التكاثر وحلقة الحياة في جنس *Coprinus* كممثل عن صف الفطريات الدعامية المتجانسة وسوف نتحدث عن فطر البوكسينيا النجيلي كممثل عن صف الفطريات اليوريدينية.

صف الفطريات اليوريدينية Urediniomycetes (فطريات الصدأ Rust fungi):

يضم هذا الصف نحو 8000 نوع وتعتبر حالياً وحيدة المنشأ. وتعد رتبة Uredinales (رتبة فطريات الصدأ Rust fungi) من أهم و أكبر رتب هذا الصف وتضم نحو 7000 نوع. وبعض أفراد هذا الصف يهيمن بحالته الخميرية. تكون الدعامة لدى أفراد هذا الصف مقسمة بحواجز عرضية، وتتولد الأبواغ الدعامية عليها جانبياً. وتتميز أيضاً بأن حواجز خيوطها بسيطة, يحتوي الحاجز على ثقب واحد ليس من نمط Dolipore الذي شاهدناه لدى الفطريات الدعامية الأخرى. أما الوصلات الكلابية فغير موجودة.

- **رتبة Uredinales (فطريات الصدأ Rust fungi):**

تعود هذه التسمية إلى لون البقع التي يشكلها الفطر على النبات المصاب (خاصة نباتات الحبوب) والتي تأخذ لون الصدأ. تعد حلقة حياة الأنواع النموذجية المنتمية لفطريات الصدأ من أعقد حلقات الحياة, وتتضمن خمس مراحل بوغية, تتشكل على

مضيفين نباتيين لا يرتبطان ببعضهما تصنيفياً. وتصيب هذه الفطريات الممرضة معظم النباتات الوعائية بما فيها التريديات, عريانات ومغلفات البذور (أحاديات وثنائيات الفلقة).

حلقة حياة فطر الصدأ *Puccinia graminis*:

رتبة Uredinales = Pucciniales

فصيلة Pucciniaceae

يعتبر فطر *Puccinia graminis* ممثلاً جيداً لفطريات الصدأ إذ يسبب مرض الصدأ الأسود على سوق نباتات القمح ونباتات حبوب أخرى (شكل5-80).

تشبه حلقة حياة فطريات الصدأ تلك الملاحظة لدى الفطريات الدعامية المتجانسة في كونها مقسمة إلى مرحلتين يتشكل فيها مشيجة أولية (متجانسة وأحادية النوى), ومشيجة ثانوية (متخالفة وديكاريونية النوى). ويشكل الطور متخالف النوى الفترة الرئيسية في حلقة حياة فطريات الصدأ ويعتبر المضيف الذي يصيبه الفطر هنا مضيفاً رئيسياً Principal host, على حين أن المضيف الآخر الذي يشكل عليه الفطر, المشيجة متجانسة النوى بالمضيف البديل Alternate host.

يشكل فطر *Puccinia graminis* على أوراق نبات القمح (المضيف الرئيسي) أبواغاً يوريدية Urediniospores في بقع (بثرات) Pustules = Sori يوريدية Uredinia, تنتشر منها العدوى بسرعة لأنها تستطيع أن تصيب نفس المضيف من جديد, وتتشكل الأبواغ اليوريدية على سويقات تنفصل عنها الأبواغ وتتحرر لدى نضجها منتشرةً بالهواء. وتكون الأبواغ اليوريدية ذات غلاف ثخين تحوي غالباً على أصبغة ومزودة بأشواك, وتستطيع البقاء على قيد الحياة لأسابيع أو شهور ويمكن أن تنتشر لمسافات شاسعة تصل إلى آلاف الأميال، وتحوي كل بوغة يوريدية على نواتين من نمطين تآلفيين مختلفين. وفي الظروف المناخية المعتدلة تُستبدل البقع اليوريدية Uredinia لأنواع مختلفة من فطريات الصدأ في الخريف ببقع تيلية Telia على سطوح الأوراق والسوق النباتية المضيفة. تتكون الأبواغ التيلية Teliospores في فطر *Puccinia* من خليتين ثخينتي الجدار, وتحوي كل خلية على نواتين أحاديتي الصيغة الصبغية من

نمطين تآلفيين مختلفين, ينصهران لاحقاً لتشكيل نواة مضاعفة الصيغة الصبغية. وتقضي البوغة التيلية فترة الشتاء وهي مضاعفة الصيغة الصبغية ملتصقة بإحكام إلى نسيج النبات المضيف الذي تشكلت عليه. وفي الربيع يحدث انقساماً منصفاً لتعطي كل خلية من خليتي البوغة التيلية أنبوبة إنتاش يتشكل فيها حواجز متحولة إلى دعامة متعددة الأقسام, ويُشكل كل قسم منها, بوغة دعامية Basdidiospore واحدة, تحوي بداية على نواة واحدة أحادية الصيغة الصبغية, ثم تنقسم هذه النواة انقساماً خيطياً لتصبح البوغة الدعامية الناضجة محتوية على نواتين متماثلتين وراثياً أحاديتي الصيغة الصبغية, ونسمي هذه الحالة Dikaryotic homokaryon أي ديكاريونية متجانسة النوى. تتحرر الأبواغ الدعامية تحرراً نشطاً. ولا تستطيع هذه الأبواغ الدعامية في فطر *Puccinia graminis* أن تصيب مضيفاً من نباتات الحبوب إنما تصيب المضيف البديل Alternate host وهو نبات البربريس *Berberis vulgaris*. تنتش هذه البوغة الدعامية على السطح العلوي لورقة نبات البربريس مشكلة مشيجة أوليةً أحادية الصيغة الصبغية متجانسة ووحيدة النوى, لا تلبث أن تشكل أجوافاً بكنية Spermogonium = Pycnium أي أجوافاً مولدة للنطاف. وخلال النسيج المتوسط لورقة المضيف, يتشكل عقدة من الخيوط الفطرية تمثل طليعة جوف إيسيدي Protoaecium، ولا تتطور أكثر من ذلك في هذه المرحلة. يحوي الجوف البكني خيوطاً عقيمة جانبية Periphyses وسائل سكري يجتذب الحشرات. ويُحاط من الداخل بمجموعةٍ كبيرةٍ من النطاف Spermatia ويحدث الإخصاب بين نطفة و خيط مستقبل Receptive hypha, حيث تنتج تلك الخيوط المستقبلة عن تحور يصيب بعض الخيوط العقيمة الجانبية, ويتم الإلقاح بين نطفة وخيط مستقبل من نمطين تآلفيين مختلفين, ذلك لأن معظم فطريات الصدأ تكون متخالفة المشرات وتتميز بمنظومة تآلفية ثنائية الأقطاب, رغم أن بعض الأنواع مثل *Puccinia coronata* تكون فيها المنظومة التآلفية رباعية الأقطاب.

وبعد الإلقاح تنقسم النطاف مرات عديدة وتعبر خيوط المشيجة الأولية المستقبلة وتتشكل المرحلة الديكاريونية. وعندما تصل النوى إلى طليعة الجوف الإيسيدي تتحول

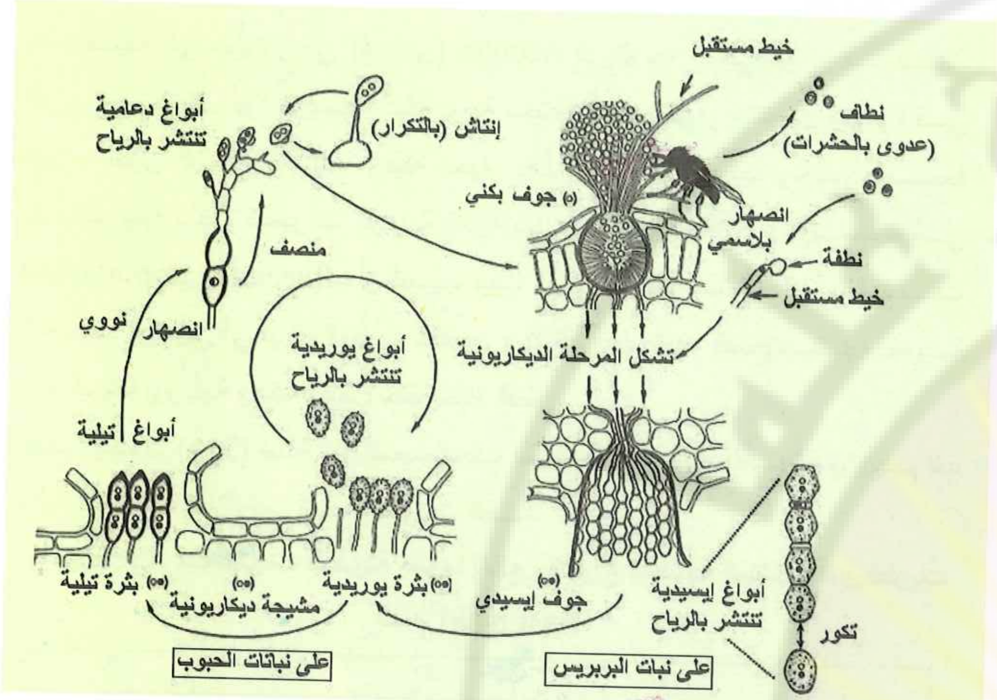
هذه الطليعة إلى جوف إيسي (إيسيدي) Aecium في الوجه السفلي من ورقة نبات البربريس ويتشكل أبواغ إيسيدية ديكاريونية مختلفة النوى تتكور وتنفصل منتشرة في الهواء. تكون الأبواغ الإيسيدية رقيقة الجدار ذات لون لامع بسبب وجود أصبغة كاروتينوئيدية داخل القطيرات الليبيدية الغنية بها. ولا تستطيع الأبواغ الإيسيدية في فطر *Puccinia graminis* أن تصيب نبات البربريس إنما تستطيع إصابة النبات المضيف الرئيسي أي نبات الحبوب كالقمح. ويتشكل على نبات القمح مشيجة ثانوية تنتج أبواغاً يوريدية وهكذا تكتمل حلقة حياة الفطر.

يظهر الجدول (5-3) أمثلة عن المصطلحات المستخدمة لوصف الأبواغ والأجواف والبقع المتشكلة خلال دورة حياة فطريات الصدأ.

(جدول5-3): المصطلحات المقبولة عموماً للبقع والأبواغ المختلفة المتشكلة لدى فطريات الصدأ Rust fungi

	1	2	3	4	5
بقعة Sorus	Pycnium Spermogonium	Aecium Aecidiosorus Aecidium	Uredinium Uredosorus Uredium	Telium Teleutosorus	Basidium Metabasidium Promycelium
بوغة Spore	Spermatium Pycniospore	Aeciospore Aecidiospore	Urediniospore Uredospore Urediospore	Teliospore Teleutospore	Basidiospore Sporidium

تختلف فترة حياة أبواغ المراحل المختلفة لفطريات الصدأ حسب النوع والظروف البيئية من درجة حرارة ورطوبة وضوء ويمكن أن نعمم بأن أطول فترة حياة في الحقل للأبواغ الدعامية والنطاف هي عدة أيام، ولعدة أسابيع بالنسبة للأبواغ الإيسيدية، ولعدة أشهر بالنسبة للأبواغ اليوريدية، وحتى أكثر من سنة بالنسبة للأبواغ التيلية.


خيط مستقبل
نطاف
(عدوى بالحشرات)
أبواغ دعامية
تنتشر بالرياح
إنتاش (بالتكرار)
(o) جوف بكني
انصهار
بلاسمي
نطفة
خيط مستقبل
منصف
انصهار نووي
أبواغ يوريدية
تنتشر بالرياح
تشكل المرحلة الديكاريونية
أبواغ تيلية
(oo) بثرة تيلية
(oo)
مشيجة ديكاريونية
(oo) بثرة يوريدية
(oo)
جوف إيسيدي
أبواغ إيسيدية
تنتشر بالرياح
تكور
على نباتات الحبوب
على نبات البربريس

(شكل5-80): التكاثر ودورة الحياة في فطر *Puccinia graminis*

وهكذا تتوالى المراحل التالية في حلقة حياة وتطور فطر *Puccinia graminis*:

- المرحلة الديكاريونية متماثلة النوى Dikaryotic homokaryon : وتتمثل بالأبواغ الدعامية الناضجة.
- المرحلة أحادية الصيغة الصبغية: وتتمثل بالمشيجة الأولية الناجمة عن إنتاش البوغة الدعامية والأجواف البكنيدية و طليعة الأجواف الإيسيدية Proto-aecia.
- المرحلة الديكاريونية مختلفة النوى: وتبدأ قبيل تكوين الأبواغ الإيسيدية بقليل وتستمر مع تكون الأبواغ الإيسيدية ثم اليوريدية ثم التيلية قبيل اندماج النوى فيها.
- المرحلة مضاعفة الصيغة الصبغية: وهي قصيرة تتمثل بالأبواغ التيلية ذات النواة المضاعفة الصيغة الصبغية وتنتهي عند بدء انقسام النوى فيها انقساماً منصفاً.

- المرحلة أحادية الصيغة الصبغية: وتتمثل بالأبواغ الدعامية لحظة تشكلها وقبل نضجها.

تتمثل معالجة هذه الأمراض بثلاثة اتجاهات:

1- استخدام المبيدات الفطرية: ولا ينصح بهذه الطريقة لكلفتها العالية ومساوئ المبيدات عموماً على البيئة والصحة العامة.

2- استئصال المضيف البديل: ولكن ذلك صعب جداً وخصوصاً بسبب قدرة الأبواغ على الانتشار بالرياح لمسافات شاسعة.

3- تهجين أنواع وسلات فطرية مختلفة مسببة للمرض بغية استنباط سلالات جديدة ضعيفة الإمراضية.

ورغم أن فطر *Puccinia graminis* هو المسبب الأكبر لصدأ نباتات الحبوب, إلا أن هناك تحت أنواع وأشكالاً عديدة تتطفل على نباتات مختلفة كالقمح والجودار والشوفان والزوان والشعير والرز....

يضم جنس *Puccinia* 4000 نوع وهو من أكبر أجناس رتبة Uredinales وفصيلة Pucciniaceae, وهناك أجناس أخرى تنتمي لهذه الرتبة وتلك الفصيلة مثل جنس *Phragmedium* الذي يصيب نباتات الفصيلة الوردية Rosaceae, وجنس *Gymnosporangium* الذي يضم نحو 60 نوع, والذي يشكل أبواغه البكنية والإيسيدية على نباتات من الفصيلة الوردية, ويشكل أبواغه التيلية على أفراد من الفصيلة السروية Cupressaceae, أما اليوريدية فلا يشكلها عادة. ومن أهم أنواعه *Gymnosporangium sabinae* حيث يتمثل المضيف الرئيسي بنبات العرعر *Juniperus* spp. أما المضيف البديل فيتمثل بأشجار الإجاص.

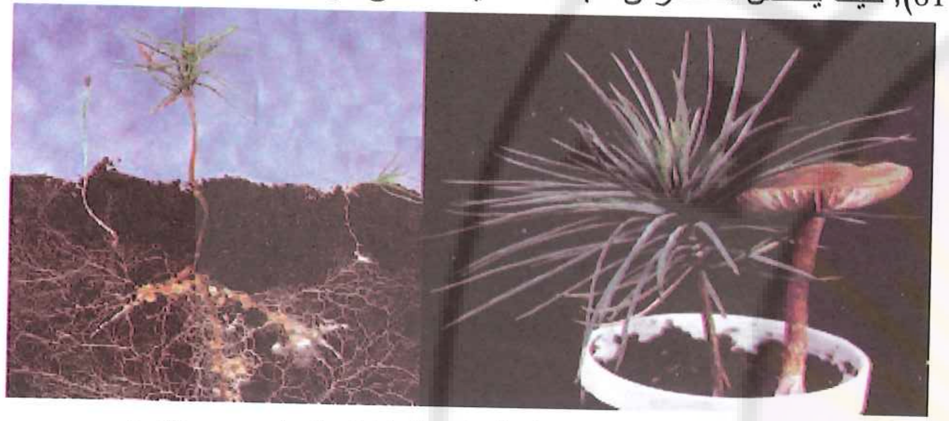
5-7-9 الفطريات الجذرية Mycorrhizas:

لقد تحدثنا سابقاً عن الفطريات الجذرية الداخلية الحويصلية الشجيرية VAM التي تشكل النسبة الأكبر من أنماط التعايش في العالم النباتي .وسنتحدث عن نمط آخر من

الفطريات الجذرية وهي الفطريات الجذرية الخارجية نظراً لأهميتها، رغم وجود أنماط أخرى من الفطريات الجذرية ولكنها أقل انتشاراً من تلك التي أشرنا إليها.

الفطريات الجذرية (الميكوريزا) الخارجية Ectomycorrhizas:

هي تعايش بين فطر من فطريات التربة وجذر أحد النباتات الحراجية (شكل5-81), حيث يحصل الفطر من النبات المضيف على مركبات الطاقة بينما يستفيد النبات من الفطر في حصوله على الماء والمغذيات وخاصة الفوسفور, إضافة للحماية من العوامل الممرضة في التربة كالديدان الخيطية (النيماتودا) وغيرها. ولا يمكن أن تعيش الأشجار الحراجية دون شريكها الفطري لاسيما في الترب الفقيرة. ويعتبر تنوع المجتمعات الفطرية هاماً لسلامة المجتمعات النباتية, فلكل نوع فطري دور وأهمية خاصة فبعضها تكمن أهميته في تحسين وإمداد النباتات بالعناصر المغذية, وبعضها يفيد النبات في حمايته من العوامل الممرضة, ولبعض الأنواع الفطرية أهمية في إنتاج الأنزيمات.

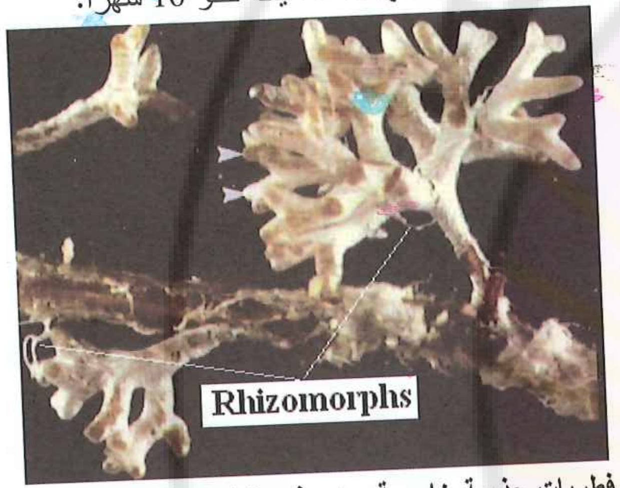


(شكل 5-81): فطريات جذرية خارجية (نبات الصنوبر *Pinus* + فطر *Laccaria bicolor*)

تعود الفطريات خارجية المكرزة بشكل رئيسي إلى الفطريات الدعامية التي تشكل ثماراً دعامية واضحة للعيان مثل الكرات النفاثة, وكذلك إلى الفطريات الزقية التي تشكل ثماراً زقية, ومعظم هذه الفطريات تتميز بثمارها الزقية أو الدعامية النامية فوق

التربة والواضحة للعيان, إلا أن قلة منها يشكل ثماراً ضمن التربة كفطر الكمأة *Terfezia*. وينتمي إليها أيضاً نوعين من جنس *Endogone* الذي ينتمي إلى الفطريات الازدواجية.

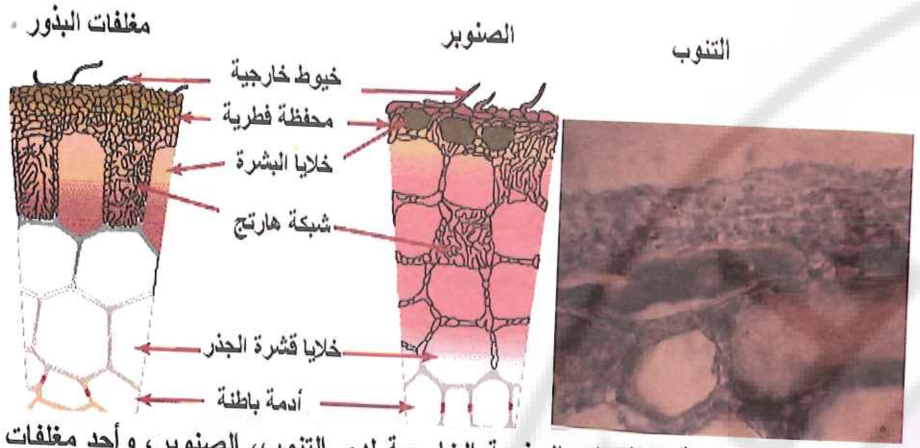
معظم الفطريات الجذرية الخارجية تكون مركبات نمو تغير من شكلية الجذور, ولكن هذه التغيرات تختلف حسب الأنواع. حيث يتفرع الجذر الرئيسي إلى تفرعات عديدة (شكل 5–82) تصل إلى ألفي قمة جذرية أحياناً. يعيش 60% من الجذور الممكرة خارجياً فترة 6 أشهر أما 25% منها فتمتد حياته نحو 16 شهراً.



(شكل 5–82): فطريات جذرية خارجية بين جذور نبات الصنوبر *Pinus radiata* والفطر الدعامي *Amanita muscaria*

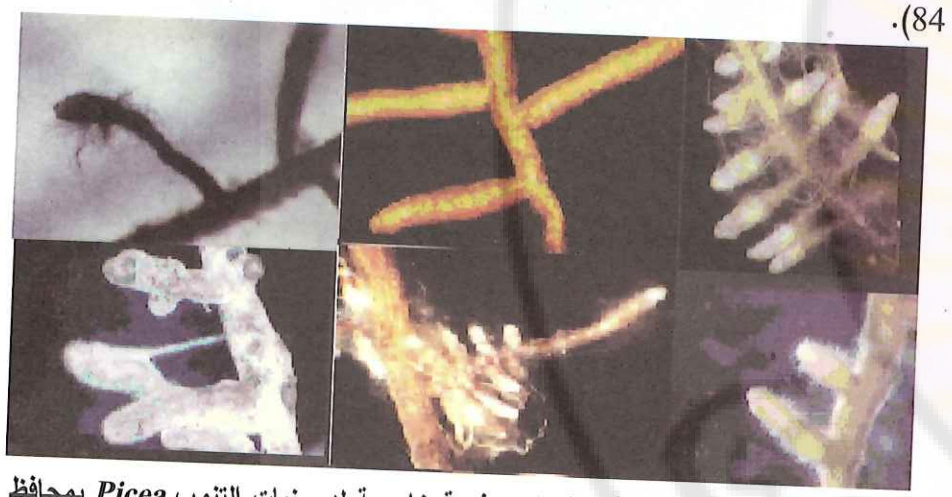
تكون معظم الفطريات الجذرية الخارجية مغلفة (مغشاة) بغلاف كثيف من الخيوط الفطرية بينما يبدو بعضها ناعماً أملساً، وتلاحظ أيضاً جميع الأشكال الوسطية.

تتميز الفطريات الجذرية الخارجية بوجود محفظة فطرية (معطف) Sheath = Mantle يمكن أن يصل ثخانتها إلى 100 ميكرومتر وتلف كل الجذر بما فيها قمة الجذر وتثبط تطور الأوبار الجذرية بشكل كلي. ويمر كل ما يمتصه الجذر من ماء ومغذيات عبر هذه المحفظة الفطرية التي تأخذ أشكالاً وبنى تختلف حسب النوع الفطري (شكل5–83).


مغلفات البذور
الصنوبر
التنوب
خيوط خارجية
محفظة فطرية
خلايا البشرة
شبكة هارتج
خلايا قشرة الجذر
أدمة باطنة

(شكل 5-83): بنية الفطريات الجذرية الخارجية لدى التنوب، الصنوبر، وأحد مغلفات البذور في جزء من مقطع عرضي

تفيد خصائص المحفظة الفطرية وبنية طبقاتها المختلفة (ناعمة ملساء، مشوكة, تحوي ندوبات وثآليل, قطنية المظهر, اللون..) في تحديد هوية الفطر الممكرز (شكل 5-84).



(شكل5-84): نماذج مختلفة لفطريات جذرية خارجية لدى نبات التنوب *Picea* بمحافظ فطرية مختلفة المظهر

تخترق خيوط المحفظة الفطرية الجذر من المنطقة خلف الميرستيمية, وتتغلغل بين خلايا قشرة الجذر لتشكل بينها شبكة من الخيوط تدعى بشبكة هارتج Hartig net وتعتمد ثخانتها ومدى تطورها وعمق تغلغلها على النوع الفطري, ولكنها لا تتجاوز

مطلقاً الأدمة الباطنة. تزيد هذه الشبكة ثلاثية الأبعاد من مساحة سطح التماس بين الفطر والجذر, وبالتالي من كمية المغذيات التي تصل إلى خلايا قشرة جذر النبات, وكذلك المستقلبات التي تصل من النبات إلى الفطر. وهنا نشير إلى أن خلايا الفطر لا تدخل إلى داخل خلايا قشرة الجذر مطلقاً ويبقى انتشارها محدوداً على جدر خلايا القشرة.

يبدي 90% من أشجار غابات المناطق المعتدلة وجود فطريات جذرية خارجية وجذر كل شجرة يمكن أن يتعايش مع أكثر من نوع فطري. ورغم النظرة العامة التي تظهر ندرة وجود الفطريات الجذرية الخارجية في المناطق الاستوائية إلا أن 14 فصيلة نباتية على الأقل في تلك المناطق تبدي وجود فطريات جذرية خارجية.

يلاحظ في معظم المجتمعات النباتية التي تبدي وجود فطريات جذرية خارجية, تعاقباً في الأنواع الفطرية مع تقدم العمر, مع إمكانية ملاحظة أنواع فطرية مشتركة بين عدة شرائح من عمر النبات.

جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السادس

التكاثر في النباتات البريوية Bryophytes

6-1 العلاقات العامة بين النباتات والسجايا التي اكتسبتها هذه النباتات باستعمار اليابسة

6-2 التكاثر في البريويات Bryophytes.

- الحزازيات Mosses.
- الكبديات Hepatophyta أو الحزازيات الكبدية.
- الانتوسيرات Anthocerophyta أو الحزازيات القرنية.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السادس

التكاثر في النباتات البريوية Bryophytes

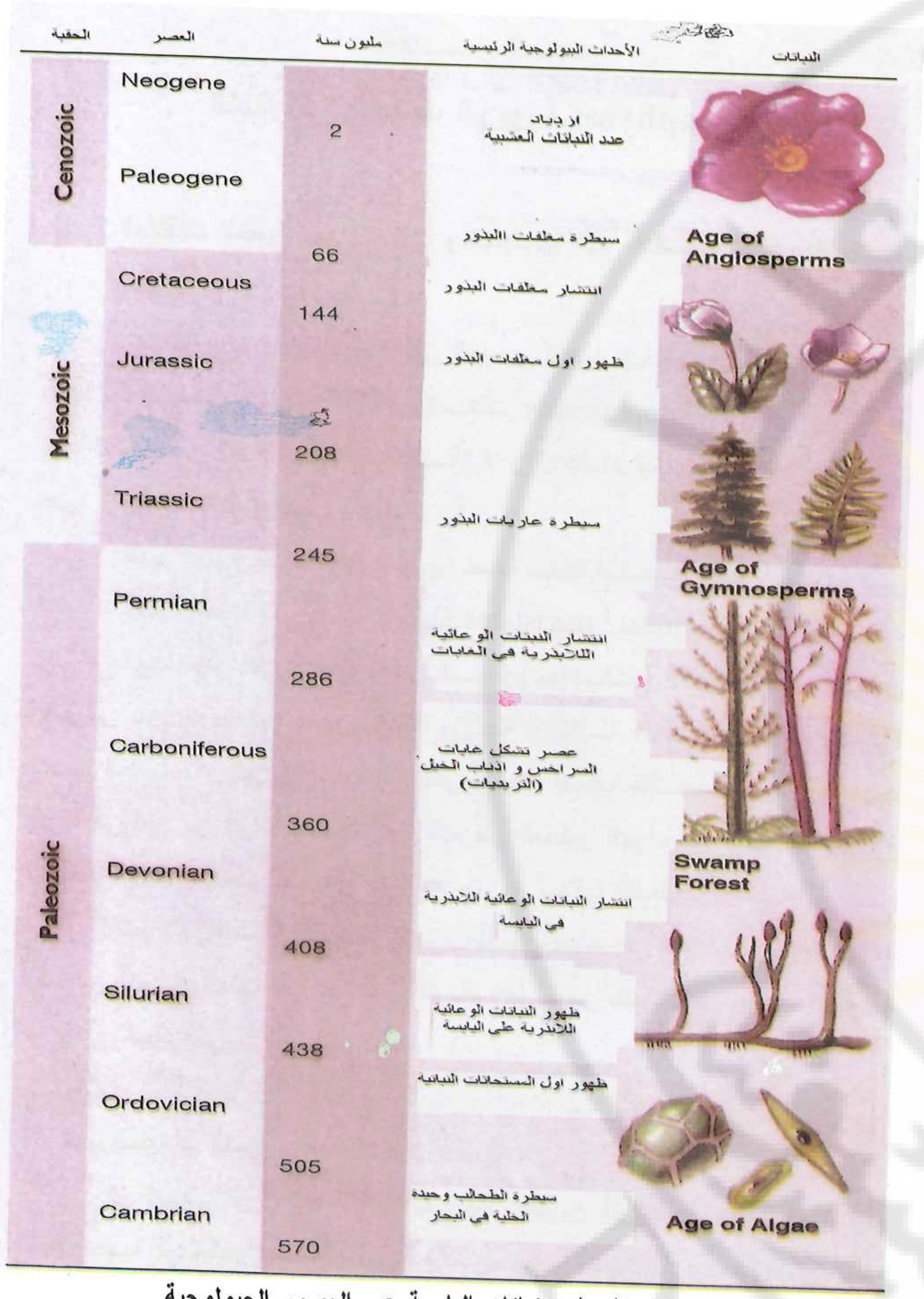
6-1 العلاقات العامة بين النباتات والسجايا التي اكتسبتها هذه النباتات باستعمار اليابسة:

لقد تطورت نباتات اليابسة عبر العصور الجيولوجية المختلفة (الشكل رقم 1:6) من الطحالب الخضراء (الكاروفيسيانات Charophyceans) ولكن أين هو الحد الفاصل بين الطحالب ونباتات اليابسة؟ لا يزال علماء التصنيف في جدل حول حدود المملكة النباتية (الشكل 2:6).

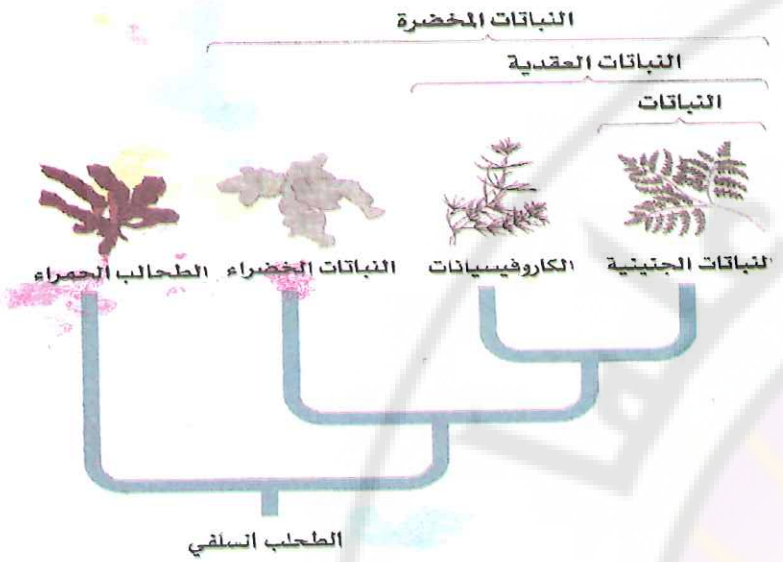
تظهر جميع نباتات اليابسة تقريباً خمسة سجايا أساسية، لكنها تغيب في الكاروفيسيانات وهي: الميريستيمات القمية Apical meristems، وتعاقب الأجيال، والأبواغ ذات الجدر التي أنتجتها أكياس البوغ (مباغات) Sporangia، وأكياس الأعراس Gametangia العديد الخلايا، والأجنة الإتكالية Dependent Embryos العديدة الخلايا، لكن تجدر الإشارة إلى تطور سجايا إضافية مُكتسبة تتصل بالحياة البرية في كثير من أنواع النباتات. فمع التعرض المستمر للهواء مثلاً كانت النباتات في خطر عظيم من التجفاف يزيد عما تتعرض له أسلافها الطحلبية. مما أدى إلى ظهور القشيرة Cuticle، التي تعمل كعازل للماء، وتساعد في منع الضياع المفرط للماء من أعضاء النبات التي تقع فوق التربة، وهي تؤمن بنفس الوقت بعض الحماية من الغزو الميكروبي.

1- الميريستيمات القمية Apical meristems:

في الموائل البرية يجد الكائن الحي الذي يمارس التركيب الضوئي موارده الأساسية في مكانين مختلفين تماماً. فالضوء وثاني أكسيد الكربون يتوافران أساساً فوق سطح اليابسة؛ فيما يوجد الماء والمغذيات المعدنية في التربة أساساً. وبما أن

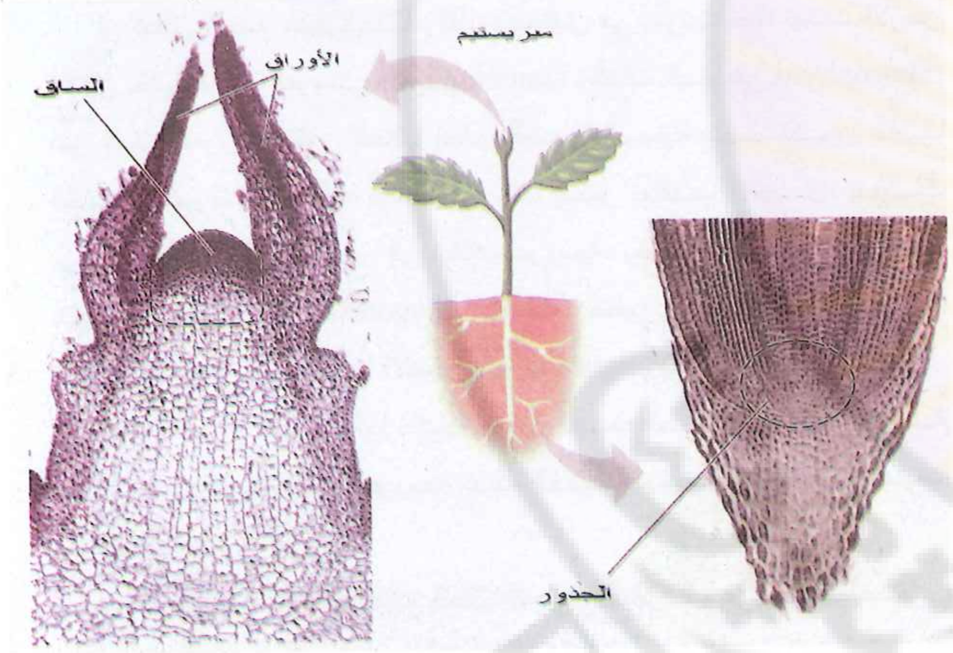

الحقبة
العصر
مليون سنة
الأحداث البيولوجية الرئيسية
النباتات
Cenozoic
Neogene
Paleogene
2
ازدياد
عدد النباتات العشبية
سيطرة مغلفات البذور
Age of Angiosperms
66
Mesozoic
Cretaceous
انتشار مغلفات البذور
144
Jurassic
ظهور اول مغلفات البذور
208
Triassic
سيطرة عاريات البذور
Age of Gymnosperms
245
Paleozoic
Permian
انتشار النبتات الوعائية
اللابذرية في الغابات
286
Carboniferous
عصر تشكل غابات
السراخس و اذناب الخيل
(التريديات)
360
Swamp Forest
Devonian
انتشار النباتات الوعائية اللابذرية
في اليابسة
408
Silurian
ظهور النباتات الوعائية
اللابذرية على اليابسة
438
ظهور اول المستحاثات النباتية
Ordovician
505
Cambrian
سيطرة الطحالب وحيدة
الخلية في البحار
Age of Algae
570

شكل (1:6) تطور نباتات اليابسة عبر العصور الجيولوجية


النباتات المخضرة
النباتات العقدية
النباتات
النباتات الجنينية
الكاروفيسيانات
النباتات الخضراء
الطحالب الحمراء
الطحلب السلفي

الشكل (2:6)

الفروع الثلاثة المرشحة للقب المملكة النباتية


ميريستيم
الأوراق
الساق
الجذور

الشكل (6-3)

الميريستيمات القمية في الجذور والساق.

النباتات تعجز عن الانتقال من مكان إلى آخر، فإنه يمكن لجذورها وسوقها أن تستطيل لتزيد من التعرض للموارد البيئية. والكفيل بديمومة هذا النمو في الطول عبر حياة النبات هو نشاط الميريستيمات القمية Apical meristems ، الموجودة في قمم السوق والجذور. هذا وتتمايز الخلايا الناتجة عن الميريستيمات القمية إلى أنسجة مختلفة (شكل رقم 6-3).

2- تعاقب الأجيال Alternation of generations :

تتعاقب دورات الحياة في جميع نباتات اليابسة بين جسمين مختلفين عديدي الخلايا، ينتج كل منهما عن الآخر. يدعى هذا النمط من الدورات التناسلية " تعاقب الأجيال Alternation of Generations " الشكل رقم (4:6) وقد نشأ أيضاً في مجموعات مختلفة من الطحالب . ويجب علينا ألا نخلط بين تعاقب الأجيال في النباتات، وبين المراحل أحادية وثنائية الصيغة الصبغية في دورات حياة جميع الكائنات الحية التي تتناسل جنسياً.

إن شكلي الجسم عديد الخلايا واللذين يتعاقبان في دورات حياة نباتات الأرض يمثلان جيلي النبات العروسي Gametophyte والنبات البوغي Sporophyte. ففي النبات العروسي تكون الخلايا أحادية الصيغة الصبغية بينما تكون خلايا النبات البوغي ثنائية الصيغة الصبغية، وهكذا يستمر تعاقب الأجيال، بنباتات بوغية ينتج عنها أبواغ تتطور إلى نباتات عروسية، ونباتات عروسية تنتج أعراساً تتحد لتشكل بيوض ملقحة Zygotes (لاقحات) تتطور إلى نباتات بوغية.

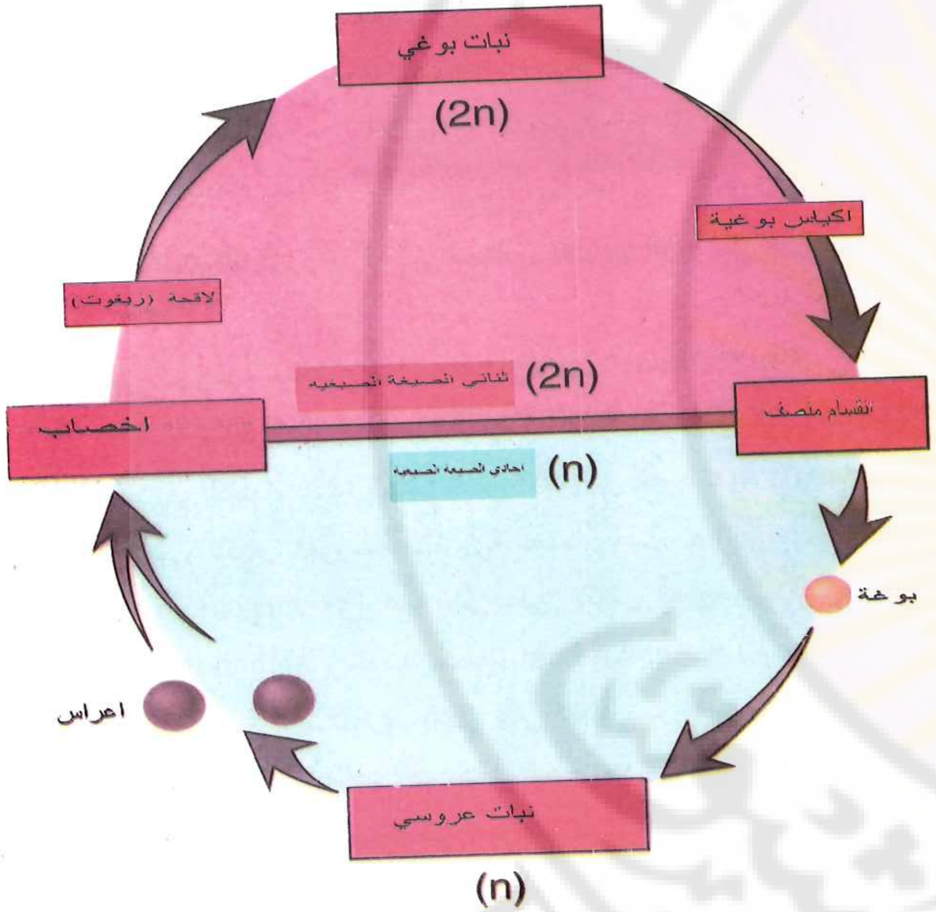
3- الأبواغ المحوطة التي تنتجها الأكياس البوغية Sporangia:

تعتبر الأبواغ النباتية خلايا تناسلية أحادية الصيغة الصبغية، لها قدرة كامنة على أن تنمو لتصبح نباتات عروسية عديدة الخلايا أحادية الصيغة الصبغية بوساطة الانقسام الفتيلي.

للنبات البوغي أعضاء عديدة الخلايا تدعى الأكياس البوغية (المباغات) Sporangia (مفردها مباغة Sporangium) تنتج عنها الأبواغ النباتية الشكل (رقم 5:6). وتخضع ضمن كيس البوغ خلايا ثنائية الصيغة الصبغية تسمى

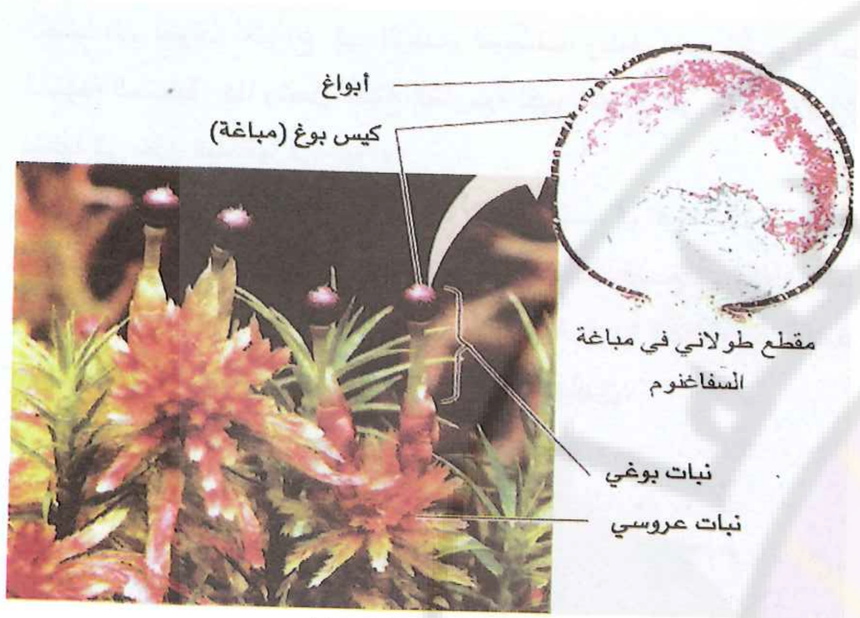
الخلايا الأم المولدة للأبواغ إلى الانقسام المنصف، ويتولد عنها أبواغ أحادية الصيغة الصبغية. هذا وتعمل النسج الخارجية لكيس البوغ على حماية الأبواغ في نمائها إلى حين انطلاقها في الهواء.

تعد الأكياس البوغية عديدة الخلايا والتي تولد أبواغاً ذات جدر غنية بالسبوروبولينين أساس التكيفات البرية لنباتات اليابسة. فمع أن الكاروفيسيانات تولد أبواغاً، فإن هذه الطحالب تفتقر لأكياس بوغية عديدة الخلايا، وكذلك تفتقر أبواغها ذات السياط التي تنتشر في الماء للسبوروبولينين.


نبات بوغي
(2n)
اكياس بوغية
لاقحة (زيغوت)
(2n) ثنائي الصيغة الصبغية
انقسام منصف
اخصاب
(n) احادي الصيغة الصبغية
بوغة
اعراس
نبات عروسي
(n)

الشكل (4:6)

تعاقب الأجيال: المخطط العام

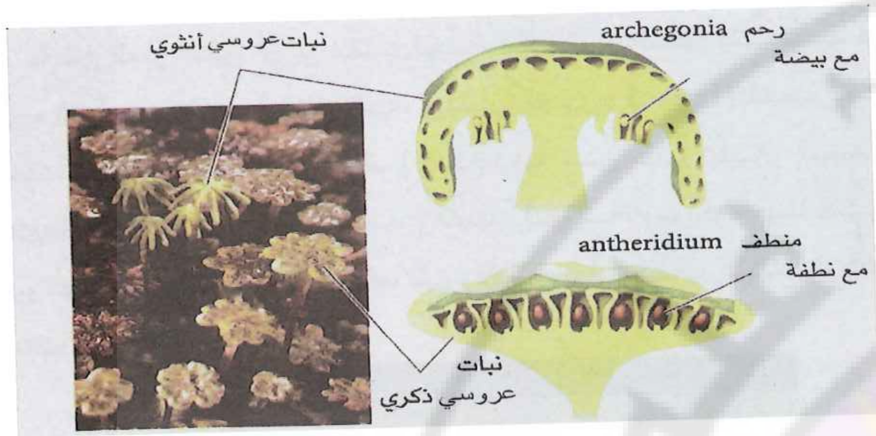


الشكل (6-5)

النبات البوغي والمباغة في السفاغنوم ***Sphagnum*** (من الحزازيات).

4- الأكياس العروسية العديدة الخلايا Multicellular Gametangia:

هناك معلم آخر يميز أولى نباتات اليابسة عن أسلافها الطحلبية، وهو إنتاج الأعراس في أعضاء عديدة الخلايا تدعى الأكياس العروسية Gametangia . ويطلق على الأكياس العروسية الأنثوية اسم أرحام Archegonia مفردها (رحم Archegonium). فيما يطلق على الأكياس العروسية الذكرية اسم مناطف Antheridia (مفردها منطف Antheridium)، وهي تنتج النطاف وتطلقها إلى البيئة (الشكل رقم 6:6). وفي العديد من المجموعات الرئيسية للنباتات الحية، تكون النطاف ذات سياط، تسبح نحو البيوض في قطيرات الماء أو طبقاته. ويتم إخصاب كل بيضة في الرحم، حيث تتطور اللاقحة Zygote (البيضة الملقحة) إلى جنين embryo. وسنرى فيما بعد أن النباتات العروسية Gametophytes للنباتات البذرية قد تضاءلت قداً لدرجة أنها زالت في بعض السلالات.

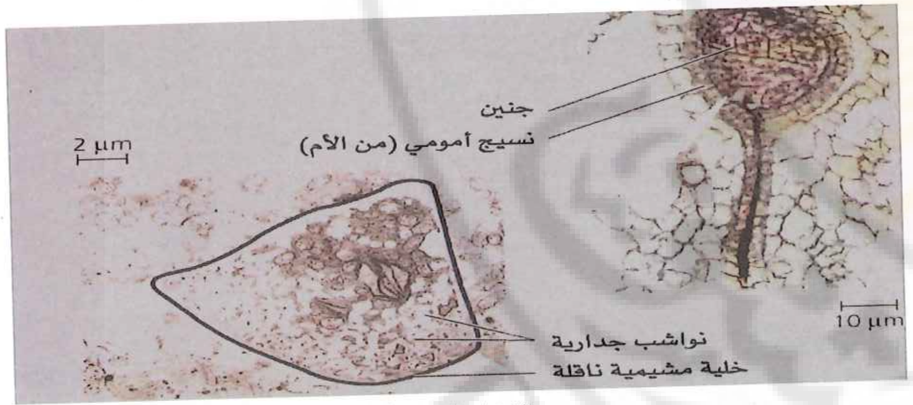

نبات عروسي أنثوي
archegonia رحم
مع بيضة
antheridium منطف
مع نطفة
نبات
عروسي ذكري

الشكل (6:6)

الأكياس العروسية في الماركانتيا *Marchantia*

5- الأجنة الاتكالية العديدة الخلايا Multicellular Dependent Embryos:

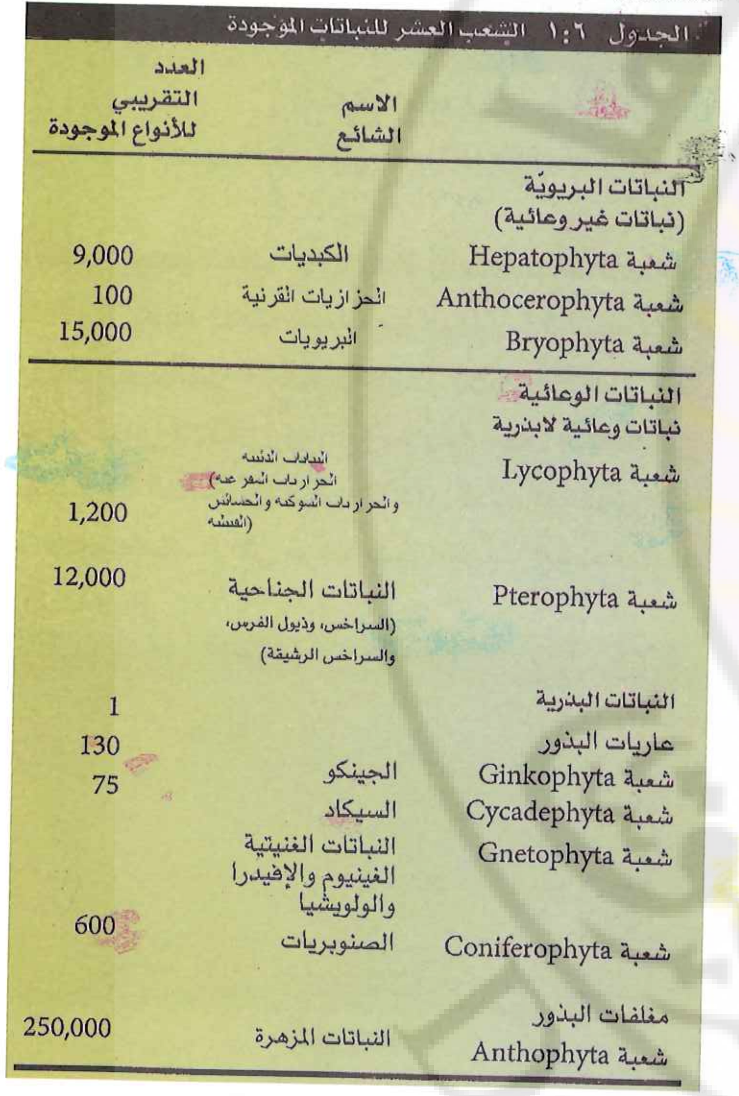
تنشأ الأجنة العديدة الخلايا للنباتات من بيوض ملقحة تحفظها أنسجة الأم. وللجنين خلايا نقل مشيمية Placental Transfer Cells تعزز انتقال المغذيات من الأم إلى الجنين (الشكل رقم 7:6) بما يشبه انتقال المغذيات بين الجنين وأمه في الثديات ذوات المشيمة. إن الجنين الاتكالي العديد الخلايا في نباتات اليابسة هو أحد السجايا المكتسبة التي عرفت بها نباتات اليابسة كنباتات جنينية Embryophytes.


جنين
نسيج أمومي (من الأم)
2 µm
10 µm
نواشب جدارية
خلية مشيمية ناقلة

الشكل (7:6)

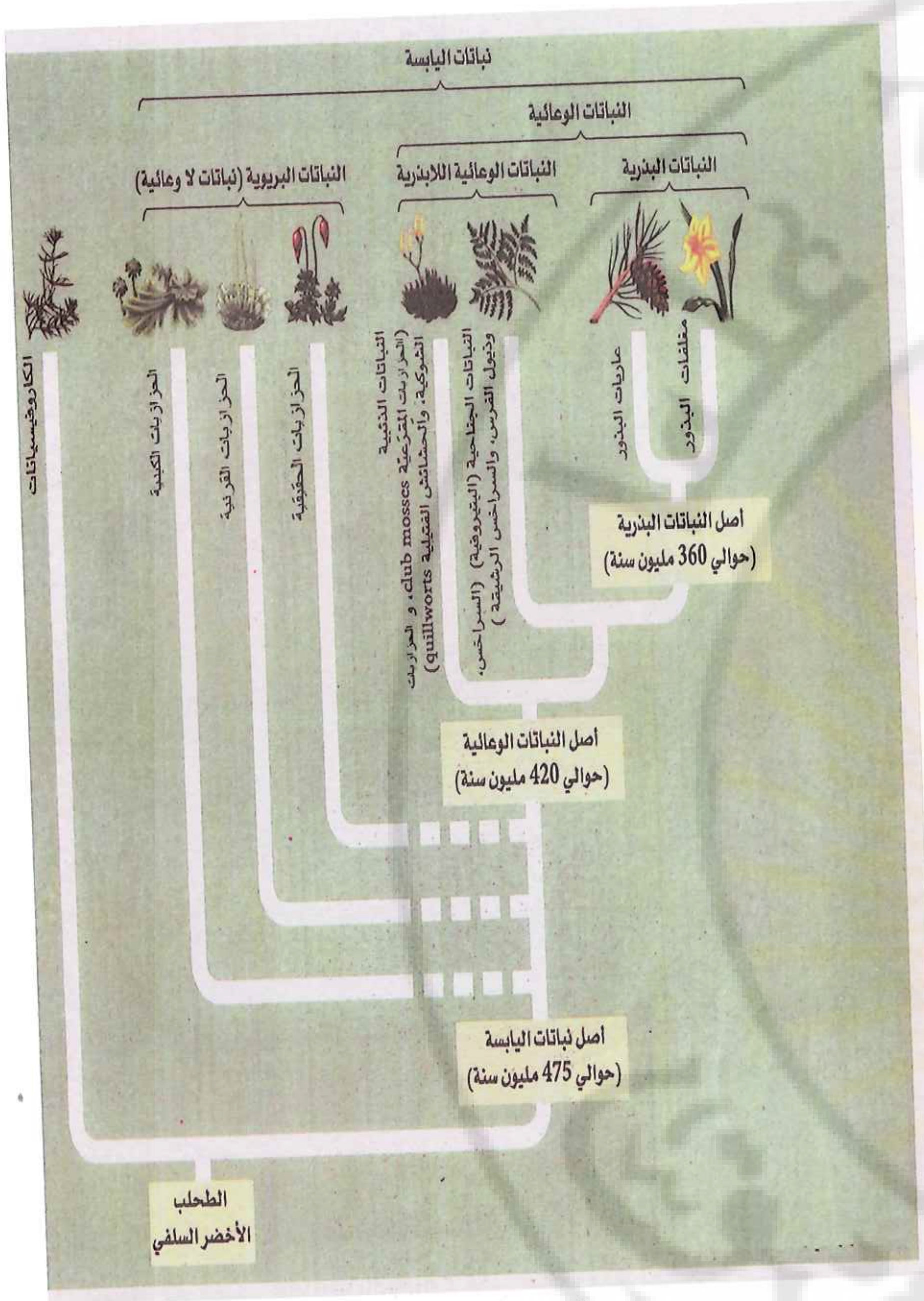
الجنين وخلية مشيمية ناقلة في الماركانتيا *Marchantia*

أياً كان العمر الدقيق لأولى نباتات اليابسة، فإن الأنواع السلفية كانت سبباً في ظهور التنوع الواسع في النباتات الحية، ويلخص الجدول رقم (6-1) الشعب العشر للنباتات الموجودة ويعكس الشكل رقم (8:6) رؤية عن علم تطور السلالات Phylogeny الذي بُني على الجينات، والكيمياء الحيوية، ومورفولوجيا النبات. والروابط التي تجمع هذه النباتات. كما بُني وفق وجود أو غياب النسج الوعائية Vascular Tissues .



الجدول ٦:١ الشعب العشر للنباتات الموجودة

	الاسم الشائع	العدد التقريبي للأنواع الموجودة
النباتات البريويّة (نباتات غير وعائية)		
شعبة Hepatophyta	الكبديات	9,000
شعبة Anthocerophyta	الحزازيات القرنية	100
شعبة Bryophyta	البريويات	15,000
النباتات الوعائية		
نباتات وعائية لابذرية		
شعبة Lycophyta	النباتات الذئبية الحزازيات [illegible]) والحزازيات الشوكية والحشائش (الفتيلية	1,200
شعبة Pterophyta	النباتات الجناحية (السراخس، وذيول الفرس، والسراخس الرشيقة)	12,000
النباتات البذرية		1
عاريات البذور		130
شعبة Ginkophyta	الجينكو	75
شعبة Cycadephyta	السيكاد	
شعبة Gnetophyta	النباتات الغنيتية الغنيوم والإفيدرا والولويشيا	600
شعبة Coniferophyta	الصنوبريات	
مغلفات البذور		
شعبة Anthophyta	النباتات المزهرة	250,000


نباتات اليابسة
النباتات الوعائية
النباتات البريوية (نباتات لا وعائية)
النباتات الوعائية اللابذرية
النباتات البذرية
الكاروفيسيانات
الحزازيات الكبدية
الحزازيات القرنية
الحزازيات الحقيقية
النباتات الذئبية (الحزازيات المتزعقة club mosses، و الحزازيات الشوكية، والحشائش الفتيلية quillworts)
النباتات الجناحية (البتيروفية) (السراخس، وذيول الفرس، والسراخس الرشيقة)
عاريات البذور
مغلفات البذور
أصل النباتات البذرية (حوالي 360 مليون سنة)
أصل النباتات الوعائية (حوالي 420 مليون سنة)
أصل نباتات اليابسة (حوالي 475 مليون سنة)
الطحلب الأخضر السلفي

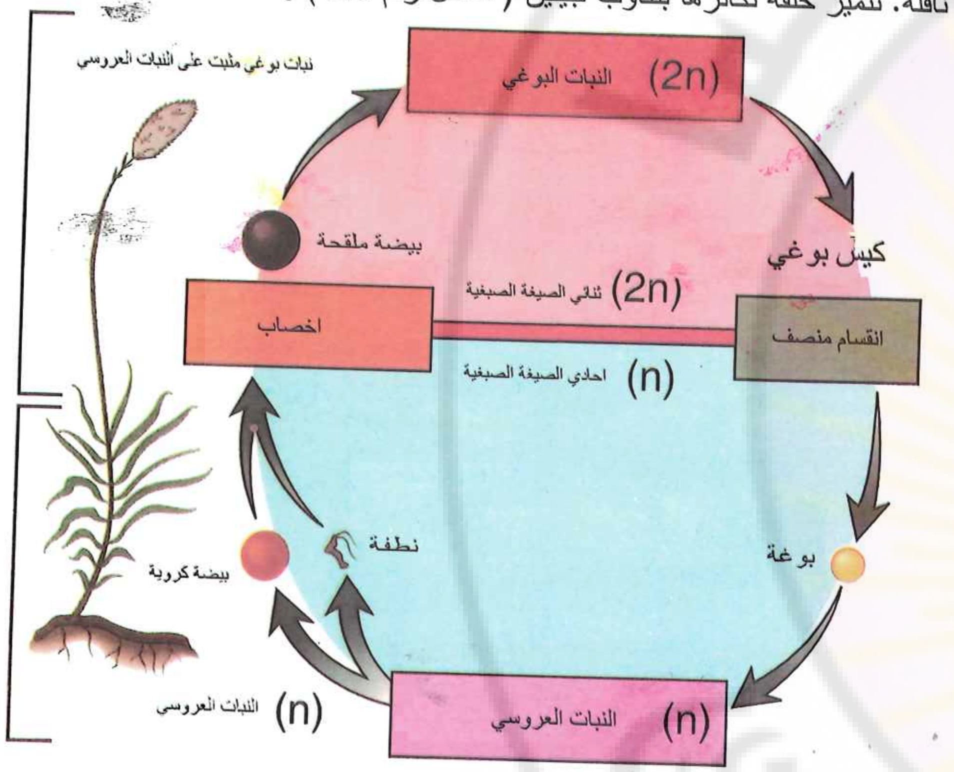
الشكل رقم (8:6)

تطور النباتات والعلاقات العامة بين المجموعات النباتية. تشير الخطوط المتقطعة إلى الشك في نشأة سلالات النباتات البريوية.

6-2 التكاثر في البريويات Bryophytes

تعريف البريويات وأقسامها التصنيفية:

تعد البريويات من النباتات المحددة والمتجانسة، فهي نباتات صغيرة الحجم، أرضية وتعيش غالباً في المناطق الرطبة. تختلف أشكال جهازها الإعاشي باختلاف الأنواع إلا أن بنيتها متشابهة وبسيطة فهي لا تحتوي على جذور ولا على أوعية ناقلة. تتميز حلقة تكاثرها بتناوب جيلين (الشكل رقم 9:6) وهما:


نبات بوغي مثبت على النبات العروسي
النبات البوغي (2n)
بيضة ملقحة
كيس بوغي
(2n) ثنائي الصيغة الصبغية
اخصاب
انقسام منصف
(n) احادي الصيغة الصبغية
نطفة
بيضة كروية
بوغة
(n) النبات العروسي
النبات العروسي (n)

الشكل رقم (9:6)

مخطط تعاقب الأجيال في البريويات.

1- النبات العروسي Gametophyte الذي يتميز بأنه أحادي الصيغة الصبغية. ويتمثل بالنبات الأخضر المكون من الخيط الابتدائي Protonemata والذي

يعطي الأعراس المذكرة أو النطاف Antherozoides ، والأعراس المؤنثة أو البيضة الكروية Oosphere، وهو جيل مزدهر وسائد.

2- النبات البوغي Sporophyte المحمول على النبات العروسي بشكل محفظة Capsule تنتج بعد عملية الإلقاح بين النطفة والبيضة الكروية، وبهذا فهو ثنائي الصيغة الصبغية. تتطور الأبواغ الرباعية Tetraspores اعتباراً من الخلايا الأم المولدة للأبواغ الموجودة داخل المحفظة التي تعاني من انقسام منصف يؤدي إلى الصيغة الأحادية من جديد.

تقسم البريويات إلى ثلاثة صفوف هي:

1- **الحزازيات Mosses**: وتتميز أن جهازها الاعاشي يأخذ دائماً مظهر نبات ورقي.

2- **الكبديات Hepatophyta أو الحزازيات الكبدية**: التي يأخذ الجهاز الإعاشي لبعض أنواعها مظهراً ورقياً، وبعضها الآخر يأخذ شكل المشرة Thalle.

3- **الانتوسيرات Anthocerophyta أو الحزازيات القرنية**: وهي عبارة عن مجموعة صغيرة من النباتات المشرية. والتي وضعت في تصنيف ستراسبورغر كرتبة مع صف الكبديات.

أولاً- الحزازيات Mosses:

تنمو الحزازيات في جميع مناطق العالم على التربة والجدران وجذوع الأشجار والصخور وتفضل السطوح الرطبة وفي الغابات الندية، وتضم حوالي (25000) نوعاً موزعة على (660) جنساً، ويمكننا أن نجمع من القطر العربي السوري ما ينيف على (300) نوع.

أما أهميتها الاقتصادية والبيئية فتتمثل في استخدام بعضها كغذاء أو في الصناعات الدوائية والمنزلية وفي صناعة أسقف الألواح إضافة لدورها في عملية التوازن البيئي وخاصة وأن بعضها يقيم في بيئات قاسية كقمم الجبال والتندرة

Tundra والصحارى، فضلاً عن أن المركبات الفينولية في جدر خلايا الحزازيات تمتص مستويات ضارة من الإشعاع الموجود في الصحارى أو في المناطق والذرى المرتفعة. وسنتحدث عن الأهمية البيئية لواحد من أجناسها هو السفاغنوم *Sphagnum* عند الحديث عن الحزازيات المستنقعية.

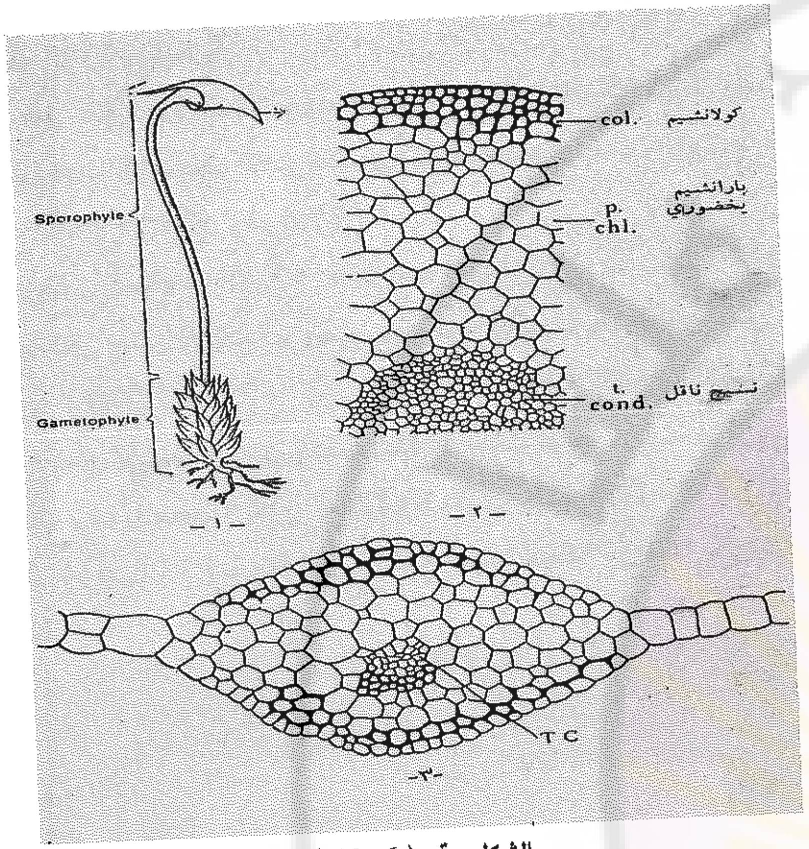
أ- الجهاز الاعاشي في الحزازيات:

سندرس نموذجاً يتمثل في حزازية الفوناريا ***Funaria*** التي هي عبارة عن نبات صغير، تجتمع أفرادها مع بعضها بعضاً فتبدو على شكل فرو أخضر، يحمل بقعاً صفراء أو برتقالية أو سمراء وقت الإخصاب. تتألف من ساق مورقة يتراوح طولها ما بين (3-5) مم، مجهزة بوريقات سفلى متفرقة ومقعرة وصغيرة، ووريقات عليا متجمعة ومتراكبة على هيئة برعم صغير يتراوح طولها ما بين (3-5) مم، وأشباه جذور Rhizoids تقوم بتثبيتها في التربة (شكل رقم 6:10-1) . أما الأعضاء الجنسية فتتجمع عند طرف السويقة بشكل محفظة أو كابسولة.

تبدو الساق (السويقة) على المقطع العرضي (شكل 6-10-2) مكونة من بشرة محيطية يليها عدة طبقات من الخلايا الكولانشيمية تمثل القشرة، ومنطقة مركزية تقوم بدور النسج الناقلة.

وأما الوريقة فتبدو على المقطع العرضي (شكل 6-10-3) مكونة من بشرة محيطية عليا وسفلى، تحصران بينهما عدة طبقات من الخلايا الكولانشيمية والبارانشيمية أيضاً، ومنطقة مركزية تقوم بدور النسج الناقلة كما هي الحال في الساق أيضاً.

تنبت الفوناريا على الجدران والصخور الرطبة في منطقة دمشق، وتنمو متكاثفة بحيث تغطي مساحات شاسعة من الأرض.


Sporophyle
Gametophyle
col. كولانشيم
p. chl. بارانشيم يخضوري
t. cond. نسيج ناقل
TC
-١-
-٢-
-٣-

الشكل رقم (6-10)

1- الشكل العام للفوناريا *Funaria*

2- مقطع عرضي في سويقة الفوناريا

3- مقطع عرضي في وريقة الفوناريا

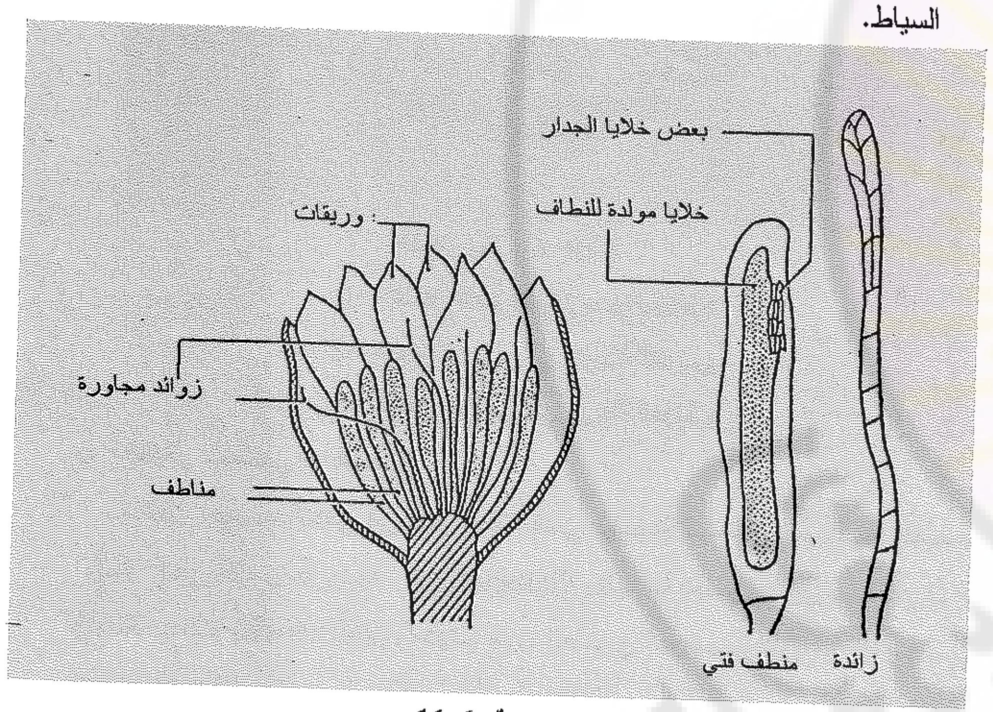
ب- التكاثر الجنسي أو الشقي:

تتشكل أعضاء التكاثر في الحزازيات في نهاية السوق المورقة (قمية الإثمار) في أكياس عروسية Gametangia منها ما تحوي أعراساً ذكرية (المناطف Antheridia) ومنها ما تحوي أعراساً أنثوية (الأرحام Archegonia) وتتكون المناطف والأرحام انطلاقاً من خلية بشرية علوية وحيدة.

1- أكياس الأعراس الذكرية:

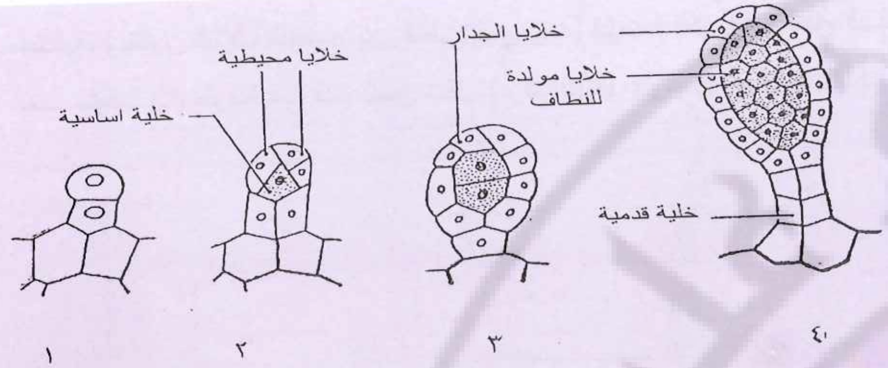
وهي عبارة عن نباتات مورقة صغيرة لا تتجاوز الخمسة ميليمترات، تتمايز في نهاياتها المناطف التي تكون محاطة بالوريقات والزوائد الجانبية Paraphyses (الشكل رقم 11:6).

ويتكون المنطف اعتباراً من خلية قمية وحيدة، تعطي بانقسامها الأول خلية قاعدية تبقى ضمن النبات العروسي وخلية قمية تنقسم لتعطي صفين من الخلايا الثانوية (الشكل رقم 12:6- 1و2). ثم تتطاول الخلية القمية والخلايا الثانوية خارج نسج النبات العروسي وتتقسم عدة انقسامات مولدة خلايا مركزية تولد النطاف وخلايا محيطية تكون الغلاف (الشكل رقم 12:6- 3و4). ويوضح الشكل (رقم 13:6) طريقة تحول الخلية المولدة للنطفة إلى نطفة حلزونية ثنائية السياط.



شكل رقم 11:6

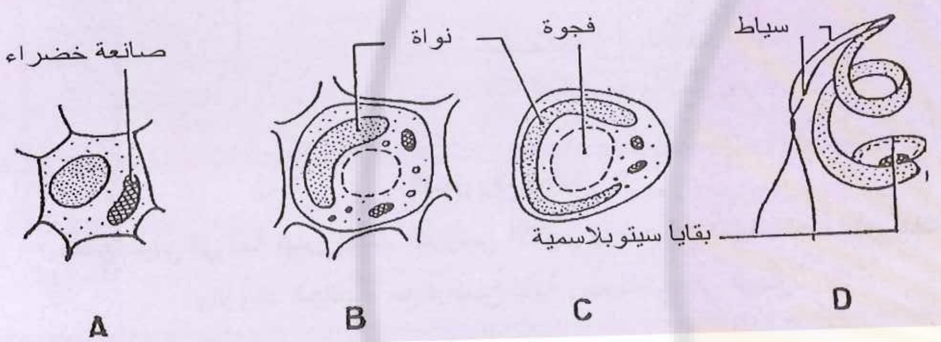
مقطع طولي في كيس الأعراس الذكرية في الحزازيات، يوضح المناطف والزوائد المجاورة والوريقات. مع منطف فتي وزائدة في يمين الشكل.



خلايا الجدار
خلايا مولدة للنطاف
خلايا محيطية
خلية اساسية
خلية قدمية
١
٢
٣
٤

الشكل رقم 12:6

مراحل تطور المنطف في الحزازيات



صانعة خضراء
نواة
فجوة
سياط
بقايا سيتوبلاسمية
A
B
C
D

الشكل رقم 13:6

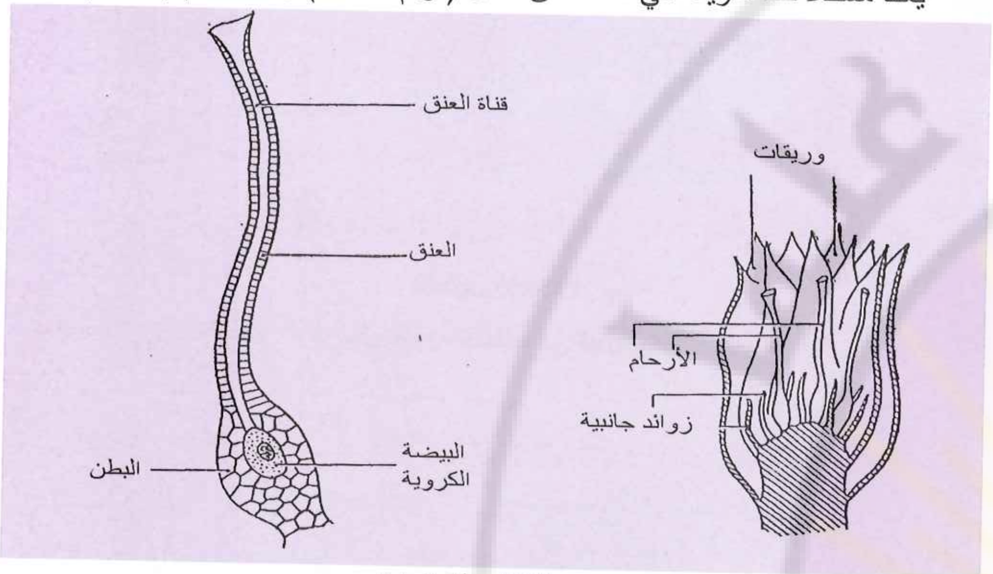
تحول الخلية المركزية (المولدة للنطفة) إلى نطفة (C, B, A) وبنية النطفة في الحزازيات (D).

2- أكياس الأعراس الأنثوية:

وهي عبارة عن نباتات مورقة صغيرة تصل إلى عدة ميليمترات في طولها. تتمايز الأرحام في قمتها، وتحاط أيضاً بوريقات وزوائد جانبية أو مجاورة (شكل رقم 14:6).

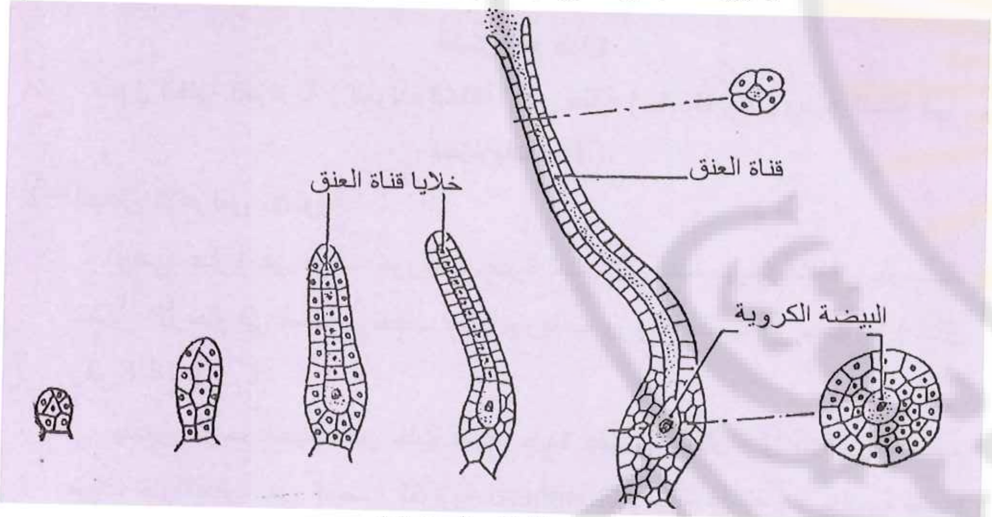
يتكون الرحم اعتباراً من خلية قمية وحيدة أيضاً (الشكل رقم 15:6)، تنقسم مولدة خلية سفلية هي البيضة الكروية Oosphere وخلية علوية هي خلية قناة العبور مشكلة ما يسمى بالرحم الفتي الذي يتطور إلى رحم ناضج بعد انقسامات

متتالية. ويتكون الرحم الناضج من البطن الذي يضم البيضة الكروية والعنق الذي يمتد مشكلاً قناة طويلة هي قناة العنق شكل (رقم 14:6) وشكل رقم (15:6) .


قناة العنق
العنق
البطن
البيضة الكروية
وريقات
الأرحام
زوائد جانبية

الشكل رقم 14:6

مقطع طولي في قمة كيس النبات العروسي الأنثوي يوضح الأرحام المحاطة بالوريقات والزوائد الجانبية، مع توضيح لبنية رحم ناضج إلى اليسار.


قناة العنق
خلايا قناة العنق
البيضة الكروية

الشكل رقم 15:6

مراحل تطور الرحم في الحزازيات. مع مقطع عرضي في الرحم وقناة العنق إلى اليمين.

3- الإلقاح:

يجري الإلقاح عند نضوج الأرحام، فتتحول خلايا قناة عنق الرحم إلى كتلة هلامية تحمل مواداً سكرية وحموضاً عضوية جاذبة للنطاف النشيطة التي تأتي سابحة في قطرات المطر أو الندى ومتأثرة بالجذب الكيميائي. فتعبر عنق الرحم، وتصل إلى البيضة الكروية وتلقحها معطية البيضة الملقحة Zygote (2n) .

وتجدر الإشارة إلى أنه بالرغم من أن الحزازيات من الكائنات الأرضية، فإن عمليات إلقاحها لا تتم إلا في وسط مائي، وهذا يعني أنها لم تفقد صلتها بالبيئة المائية، بل إنها لا تستطيع الاستغناء عنها في تكاثرها الجنسي.

4- تطور البيضة الملقحة:

تمثل البيضة الملقحة نهاية النبات العروسي وبداية النبات البوغي Sporophyte الذي يتمثل هنا بالكيس البوغي Sporangia. تتحول البيضة الملقحة إلى جنين ينمو على النبات العروسي ممزقاً الرحم الذي يسكنه إلى قلنسوة تعلو الكيس البوغي (شكل رقم 1-16:6). وفي نهاية النضج يصبح النبات البوغي مؤلفاً من خمسة أقسام هي من الأسفل إلى الأعلى: القدم، الانتفاخ، والسويقة، المحفظة، والقلنسوة (شكل رقم 2-16:6). يؤدي نمو الكيس البوغي السريع إلى انفصال قاعدة القلنسوة عن الرحم وبقائها محمولة فوق المحفظة (شكل رقم 17:6) التي تنمو بازدياد طولها وقطرها.

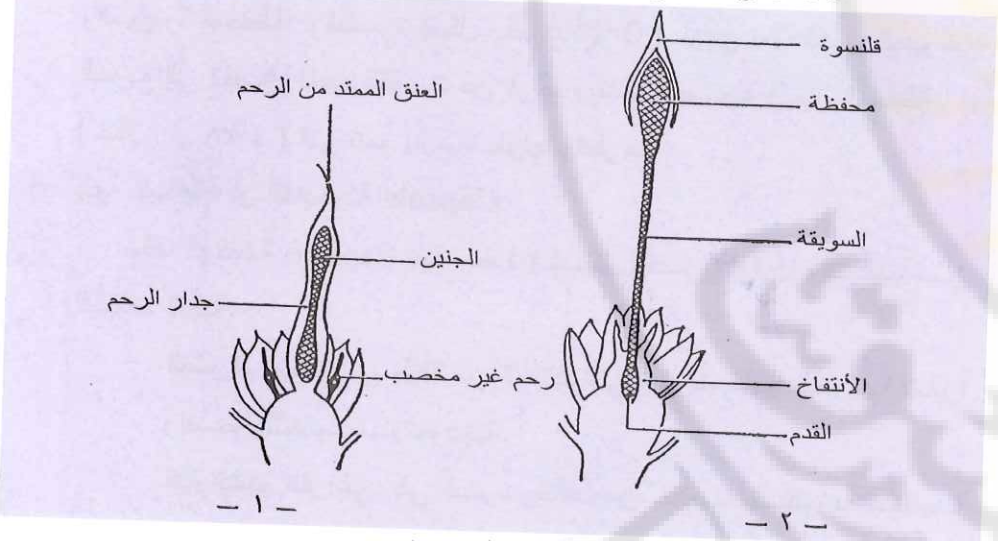
5- بنية المحفظة أو الكابسولة Capsule:

تملك المحفظة Capsule بنية معقدة (شكل رقم 18:6)، وتتألف من الطبقات التالية:

- **البشرة:** وتتألف من طبقة من الخلايا التي تمايزت غلفها الخارجية تمايزاً واضحاً وتتخللها مسام نموذجية.
- **البارانشيم الفراغي:** يلي البشرة ويتألف من خلايا سيللوزية تتخللها فراغات هوائية وخاصة بالقرب من المركز.

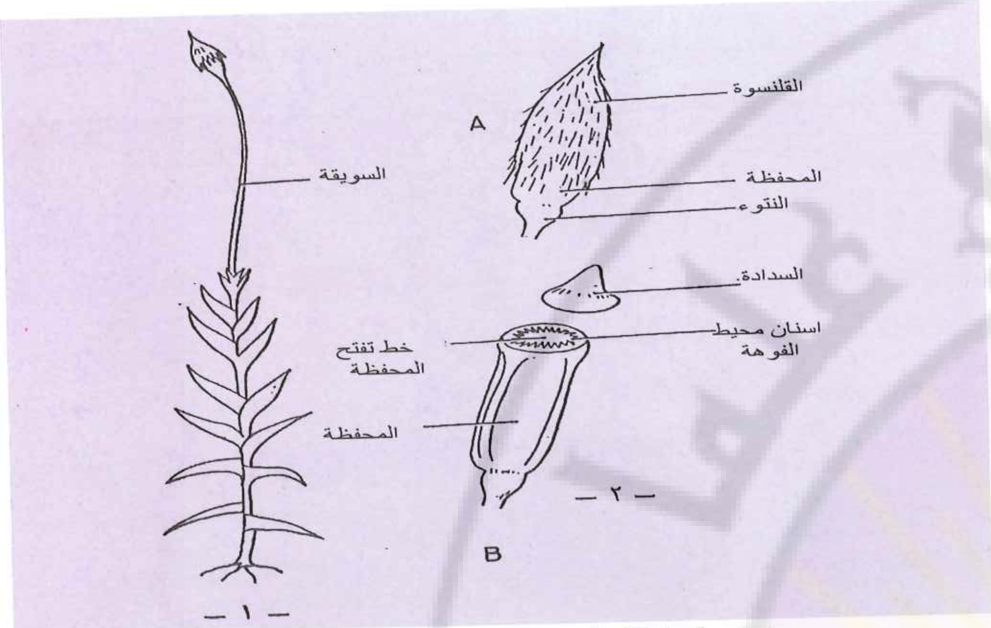
- **النسج المولد للأبواغ:** الذي تعطي كل خلية من خلاياه بالانقسام المنصف أربع بوغات أحادية الصيغة الصبغية.
- **العمودة:** وهو نسيج بارانشيمي مركزي عقيم.
- **السدادة:** وهي عبارة عن قطعة مخروطية رأسها مدبب في بعض الأنواع مثل *Polytric* (شكل رقم 18:6) ، تغطيها طبقة من البشرة المتمايزة، ويحدها من الأسفل حلقة من الخلايا البارانشيمية قليلة المقاومة، تمثل خط تفتح الكبسولة. تضمر بعض الخلايا البارانشيمية المكونة للسدادة ويتمايز بعضها الآخر إلى أسنان مجهزة بتزيينات خاصة مميزة للأنواع تعرف باسم محيط الفوهة أو الثغر وتتوضع على الهامش المحيط بفوهة المحفظة أو الكبسولة.
- **النتوء:** ويمثل القسم المنتفخ في أعلى السويقة والحامل لمحفظة الكيس البوغي.

وعند نضج المحفظة تسقط القلنسوة ويتبعها سقوط السدادة ثم انفتاح محيط الثغر وخروج الأبواغ المنصفة كما في الشكل رقم (19:6).


قلنسوة
محفظة
العنق الممتد من الرحم
الجنين
السويقة
جدار الرحم
رحم غير مخصب
الأنتفاخ
القدم
— ١ —
— ٢ —

شكل رقم 16:6

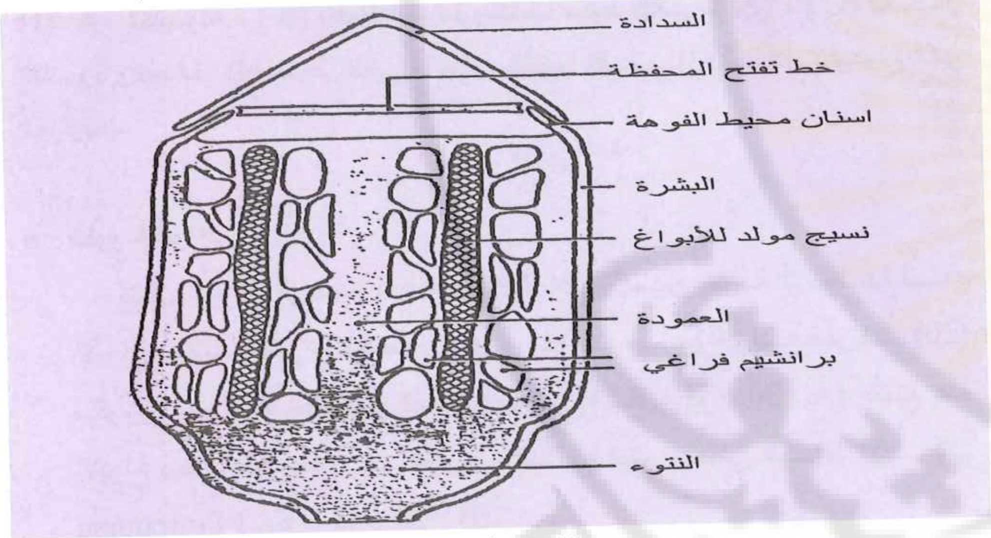
تطور الكيس البوغي عند الحزازيات. الفتي /1/ والناضج /2/


السويقة
القلنسوة
A
المحفظة
النتوء
السدادة
اسنان محيط الفوهة
خط تفتح المحفظة
المحفظة
B
– ٢ –
– ١ –

شكل رقم 17:6 الكيس البوغي في حزازية *Polytric*

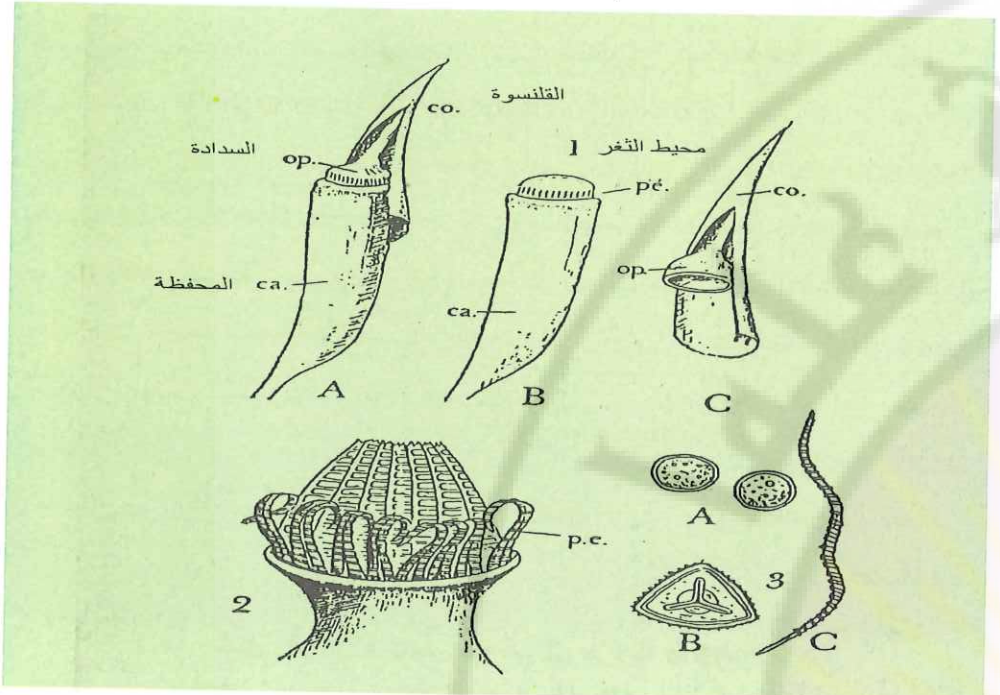
1- الكيس البوغي محمولاً على الساق المورقة.

2- المحفظة المغلقة (A) وتتألف من القلنسوة والكبسولة والنتوء. والمحفظة المفتوحة (B) وتتألف من السدادة ومحيط الفوهة أو الثغر وجسم المحفظة.


السدادة
خط تفتح المحفظة
اسنان محيط الفوهة
البشرة
نسيج مولد للأبواغ
العمودة
برانشيم فراغي
النتوء

الشكل رقم 18:6

مقطع إجمالي في محفظة الـ *Polytric* من الحزازيات


القلنسوة
co.
السدادة
op.
محيط الثغر 1
pé.
co.
op.
المحفظة
ca.
ca.
A
B
C
p.e.
2
A
3
B
C

الشكل رقم 19:6

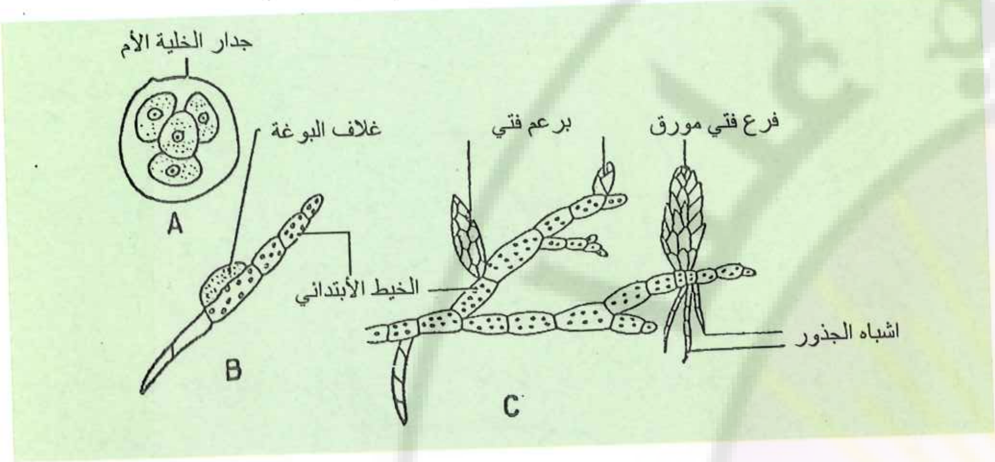
الشكل الخارجي للمحفظة وأجزائها في *Atrichum undulatum*

(1): A– الكابسولة ، (B) سقوط السدادة وتكشف محيط الثغر (Pe) ، (C) انفصال القلنسوة والسدادة. (2) محيط الثغر كما يرى بالتكبير القوي.(3) أشكال الأبواغ في الحزازيات

6– تطور الأبواغ:

تشكل الأبواغ الرباعية Tetraspores اعتباراً من خلية أم مولدة لهذه الأبواغ. وتتألف الأبواغ المنصفة (n) من كريات صغيرة يبلغ قطرها (20) ميكرون، تنثرها المحفظة في الوسط الخارجي (شكل رقم 20:6– A). تتمتع هذه الأبواغ بحيوية قصيرة، وعند الظروف الملائمة تنتش وتعطي الخيط الابتدائي Protonema (شكل رقم 20:6– B).

ويتألف هذا الخيط من شريط متفرع مؤلف من صف واحد من الخلايا التي تضم عدداً من الصانعات اليخضورية، من هذه الخلايا ما يتحول إلى أشباه جذور، ومنها ما تولد فروعاً مورقة منتصبة (شكل رقم 20:6– C).


جدار الخلية الأم
A
غلاف البوغة
الخيط الأبتدائي
B
برعم فتي
فرع فتي مورق
اشباه الجذور
C

شكل رقم 20:6

تشكل الخيط الابتدائي في الحزازيات

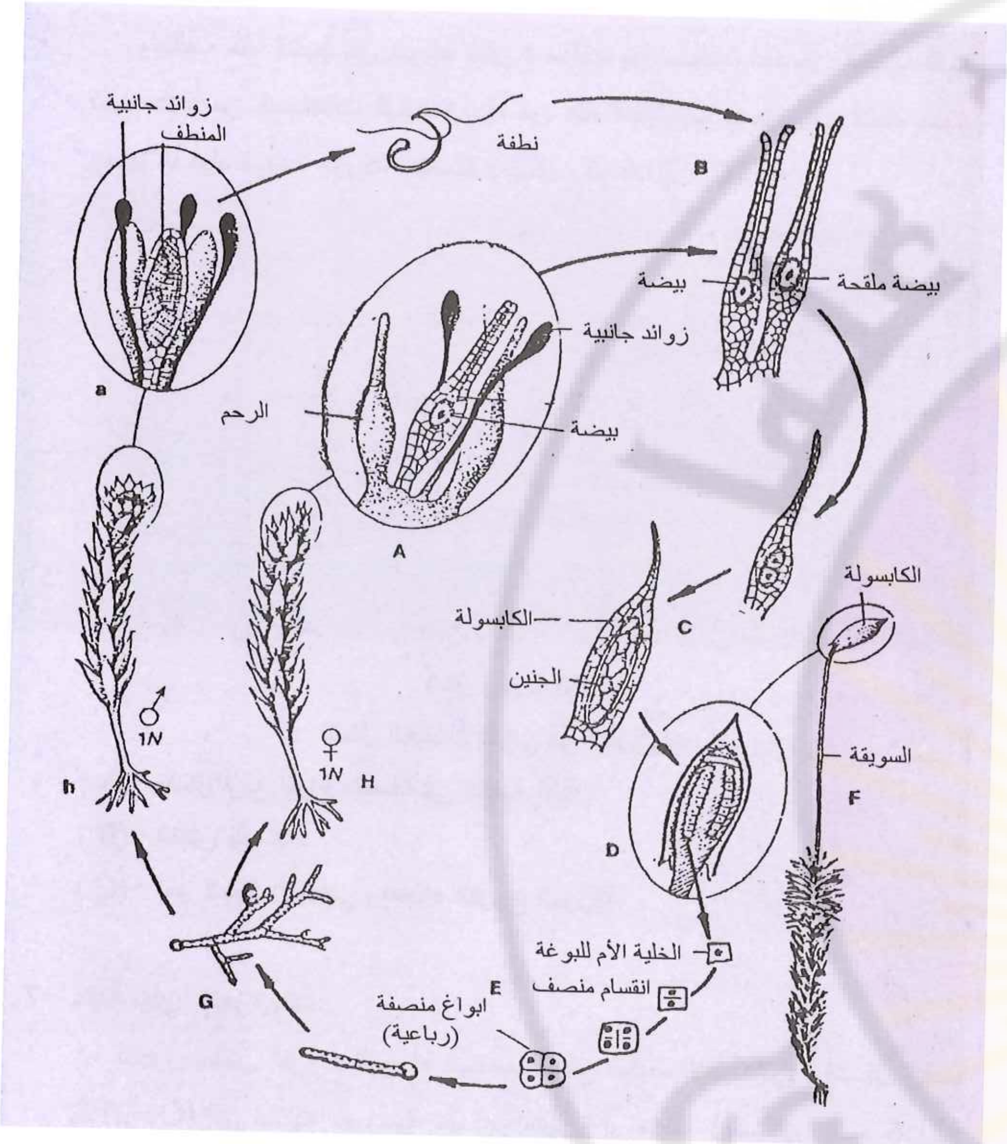
(A)– تشكل أربع أبواغ منصفة في الخلية الأم.

(B)– إنتاش البوغة.

(C)– نمو الخيط الابتدائي وإعطاء الفروع المورقة.

7– حلقة تطور الحزازيات:

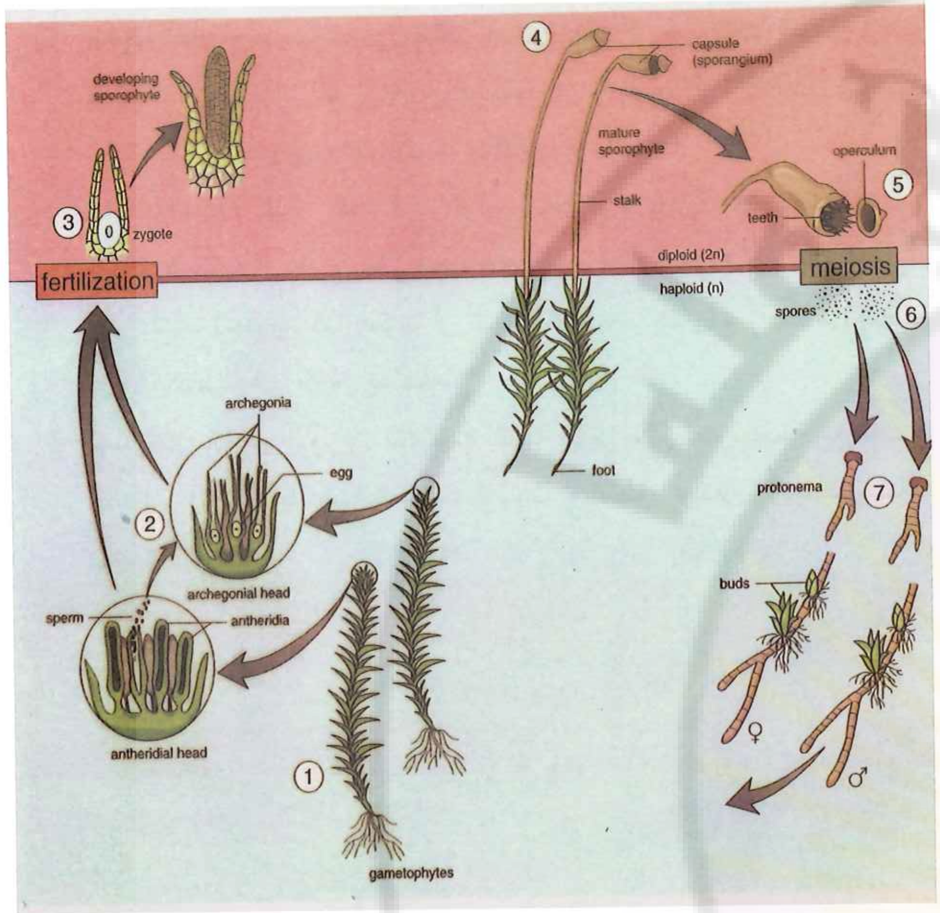
تتحول بعض الفروع المورقة المنتصبة على الخيط الابتدائي (شكل رقم 21:6– G) إلى نباتات عروسية ناضجة مذكرة أو مؤنثة (شكل رقم 21:6– h,H) تتطور الأرحام أو المناطف داخلها (شكل رقم 21:6– A , a) . ثم يحدث الإلقاح وتتشكل البيضة الملقحة (B) التي تنمو وتعطي النبات البوغي (شكل رقم 21:6– C -D -F) الذي يعطي بدوره الأبواغ (E). ثم الخيط الابتدائي وهكذا تعاد دورة الحياة من جديد ويتعاقب الجيلان العروسي والبوغي حسب الشكل (رقم 22:6).


زوائد جانبية
المنطف
نطفة
B
بيضة
بيضة ملقحة
زوائد جانبية
الرحم
بيضة
a
A
C
الكابسولة
الجنين
الكابسولة
السويقة
F
D
♂
1N
h
♀
1N
H
الخلية الأم للبوغة
انقسام منصف
E
ابواغ منصفة
(رباعية)
G

شكل رقم 21:6

حلقة تطور الحزازيات Mosses

(A) الأرحام، (a) المناطف، (B) تشكل البيضة الملقحة 2n، (C , D) تطور الجنين ومقطع طولي في الكابسولة Ca، (F) نبات كامل مثمر يمثل النبات البوغي 2N والنبات العروسي 1n، (E) تشكل الأبواغ الرباعية 1n ، (G) الخيط الابتدائي، (h , H) نبات عروسي ناضج مذكر أو مؤنث


developing sporophyte
③
⓪
zygote
fertilization
④
capsule (sporangium)
mature sporophyte
stalk
operculum
⑤
teeth
diploid (2n)
haploid (n)
meiosis
spores
⑥
archegonia
egg
②
archegonial head
sperm
antheridia
antheridial head
foot
protonema
⑦
buds
♀
♂
①
gametophytes

شكل رقم 22:6

حلقة حياة الحزازيات Mosses

جـ- التكاثر الاعاشي أو اللاشقي:

يتميز التكاثر الإعاشي بالمحافظة على الصفات الوراثية، بينما يتميز التكاثر الشقي أو الجنسي بالتطور والتبدل. ونلاحظ في الحزازيات بشكل خاص تميز التكاثر الإعاشي عن بقية الزمر النباتية بأنه يختلف باختلاف النوع. إلا أنه يمكن تمييز الأنماط التالية:

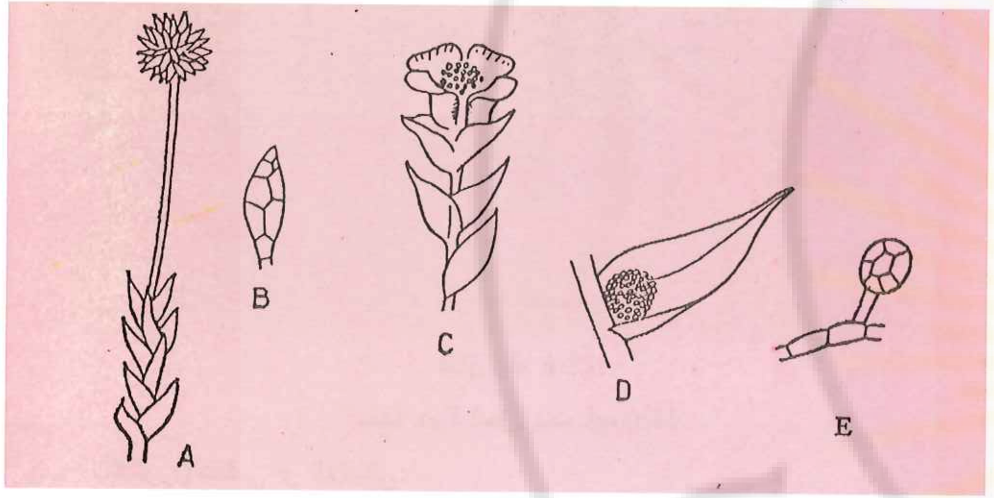
1- قد يتم بانعزال جزء من النبات العروسي عن الأرومة الأم واستقلاله ونموه متحولاً إلى فرد جديد.

وقل رب زدني علماً
جامعة دمشق
Damascus University

2- بتشكل أعضاء خاصة تسمى المناثر Propagules. حيث تنشأ المنثرة عن تكاثر بعض الخلايا للحزازية، وانفصالها عن النبات الأم وانتقالها بالرياح واستقرارها في مكان ملائم لنموها وتكوينها فرداً جديداً.

تختلف أشكال المناثر باختلاف الأنواع (شكل رقم 23:6) حيث يمكنها أن تتشكل في قمة الساق أو على أشباه الأوراق، وأحياناً على الخيط الابتدائي أو على أشباه الجذور. كما يمكنها أن تتجمع في بعض الأنواع (كما هي الحال في الكبديات) في أكواب خاصة.

3- كما يمكن لبعض الأوراق الملامسة للتربة والتي ما زالت متصلة مع النبات الأم أن تعطي خيطاً ابتدائياً ثانوياً، لا يلبث أن يتطور وينعزل ويعطي نباتاً جديداً.



شكل رقم 23:6

التكاثر الاعاشي في الحزازيات

(A)- تشكل المناثر في قمة الساق المورقة في *Aulacomnium*

(B)- تكبير أحد المناثر من (A)

(C)- المناثر موجودة في أكواب في *Tetiaphis*

(D)- المناثر اللاطئة في ورقة من *Bryum*

(E)- منثرة تشكلت على الخيط الابتدائي في *Barbula*

يضاف إلى طرق التكاثر السابقة التي تحدث بشكل طبيعي، طرقاً أخرى من التكاثر اللاشقي التي يمكن تحقيقها بوساطة الإنسان، حيث تبين أنه يمكن الحصول على الخيط الابتدائي، اعتباراً من أي جزء من النبات: ساق، ورقة- جزء من السويقة التي تحمل المحفظة، وهذا يعني أن الخيط الابتدائي الناتج من الحالة الأخيرة سيكون ثنائي الصيغة الصبغية 2n . وبالتالي فإنه سيتطور ويعطي نباتات مضاعفة الصيغة الصبغية بالمقارنة مع النبات الأصلي.

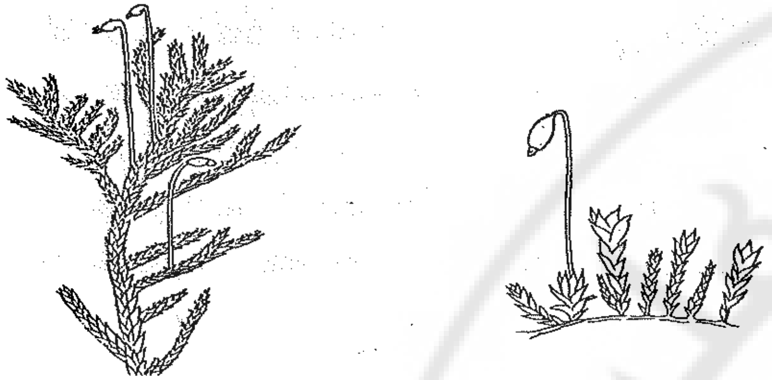
تختلف النباتات الناتجة عن النباتات الأصلية في بعض الصفات فقط حيث نلاحظ أن حجم الخلايا والأعضاء وكذلك النواة هي ضعف الحجم المعروف والعادي للنبات الأصلي، وقد تبين منذ تجارب الأخوة مارشال Marchal (من 1907-1911) وما تلاها من تجارب على الحزازيات أنه يمكن مضاعفة الصيغة الصبغية باستمرار بحيث نحصل على نباتات عروسية ذات 2n , 4n ولكن هذه النباتات الأخيرة ذات الـ 4n تكون عقيمة.

د- تصنيف الحزازيات:

تقسم الحزازيات إلى ثلاث رتب هي:

1- رتبة البريال Bryales أو الحزازيات الحقيقية Eubrya.

تضم هذه الرتبة أكثر النباتات الحزازية، كما تعد أكثرها تمثيلاً لها ولهذا تدعى أيضاً برتبة الحزازيات الحقيقية. تتميز أفراد هذه الرتبة بأن الكبسولة ترتفع فوق حامل الأعراس عن طريق تطاول السويقة. وأن حوامل الأعراس هذه قد تكون قمية كما هي الحال في الفوناريا *Funaria* والبوليتريكوم *Polytricum* (شكل رقم 24:6-1) أو قد تكون محمولة في وسط الفروع الجانبية كما هي الحال في الهيبنيوم *Hypnum* (شكل رقم 24:6-2) . كما تتمايز الكبسولة الناضجة إلى عدة نسج ولها بنية معقدة في منطقة السدادة تختلف باختلاف الأنواع (شكل رقم 18:6).



1- الفوناريا ***Funaria*** قمية الأثمار 2- الهيبنيوم ***Hypnum*** جانبية الأثمار

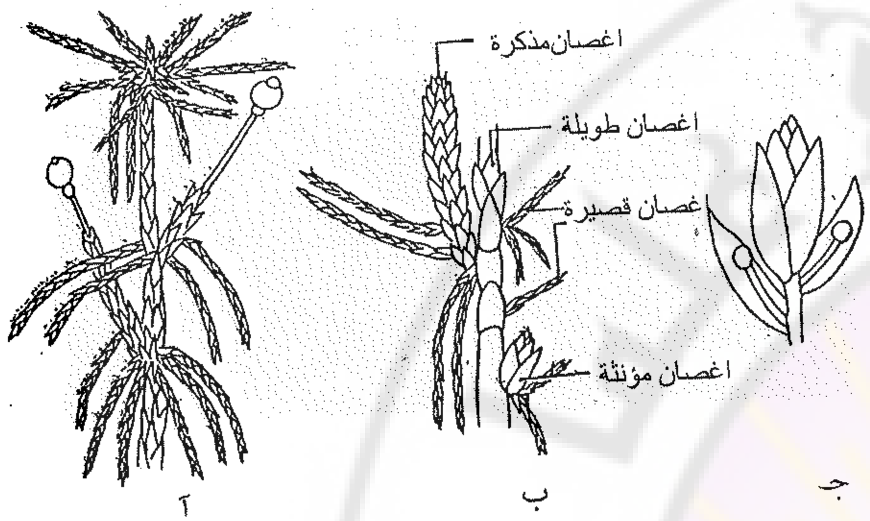
شكل رقم 24:6

بعض أنواع رتبة البريال Bryales (الحزازيات الحقيقية)

2- رتبة السفاغنال Sphagnales:

وتسمى أيضاً برتبة الحزازيات المستنقعية لأنها تنمو في المستنقعات وتضم جنساً واحداً فقط هو سفاغنوم *Sphagnum* أو حزازة الخُث Peat moss يضم حوالي 320 نوعاً (شكل رقم 25:6).

تتميز أفراد هذه الرتبة بأن النبات البوغي قمي الأثمار دائماً ومحمول فوق النبات العروسي بسبب تطاول عمود من نسيج النبات العروسي يدعى السويقة الكاذبة Pseudopode، وليس عن طريق تطاول سويقة النبات البوغي. كما تتميز عن الحزازيات الأخرى بشكل خيطها الابتدائي وطريقة تشكل الأعضاء الجنسية (شكل رقم 25:6- أ-ب). حيث تحمل المناطف على نبات مورق كبير الحجم بينما تحمل الأرحام في إبط النبات المورق وتحاط بتفرعات مورقة صغيرة الحجم. أما تطور المحفظة أو الكابسولة فيتم اعتباراً من القميص الخارجي في الرشيم بعكس بقية رتب الحزازيات كما تبين أن شكل هذه المحفظة وبنيتها الداخلية مختلف تماماً عن الرتبة السابقة.



شكل رقم 25:6

أ- الشكل العام لأحد أنواع جنس سفاغنوم *Sphagnum*.

ب- النبات العروسي الحامل للمناطف والأرحام.

جـ- تكبير لأحد المناطف القمية الأثمار.

يشكل السفاغنوم *Sphagnum* أو حزازة الخُث *Peat moss* ترسبات واسعة من مادة عضوية متفسخة بعض الشيء تعرف بالخُث (الشكل رقم 26:6- a). ويطلق على المناطق المستنقعية التي تسيطر فيها هذه الحزازة بمستنقعات الخُث.

إن وجود مركبات فينولية مقاومة منطمرة في جدر خلايا السفاغنوم، يجعل تفسخها عسيراً. أضف إلى ذلك، ما تفرزه من مركبات تحد من نشاط الجراثيم. وكذلك يعمل انخفاض مستويات الغذاء ودرجات الحرارة في مستنقعات الخُث على تثبيط عملية التفسخ. وبالتالي، تتمكن مستنقعات الخُث من حفظ الجثث المحنطة لآلاف السنين شكل رقم (26:6- b).

جامعة دمشق
Damascus University

شكل رقم 26:6– a

حصاد الخُث من مستنقعاته

شكل رقم 26:6– b

" رجل تولندي" مومياء مستنقعية يعود تاريخها إلى 405–100 ق م.

يمكن لجثث البشر أو الحيوانات أن تُحفظ آلاف السنين بفضل الظروف الحامضية، والفقيرة بالأكسجين التي توفرها البريويات المستنقعية (السفاغنوم).

الشكل رقم 26:6

السفاغنوم، أو حزازة الخُث: نبات بريوي له أهميته الاقتصادية والبيئية والمعمارية.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

يقدر أن هناك أربعمائة بليون طن من الكربون العضوي مخزون في الخُث حول العالم. وتساعد مخازن الكربون هذه في استقرار تراكيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للأرض.

لقد كان الخُث لفترةٍ طويلة مصدر وقودٍ في أوربا وآسية، ولا يزال حصاده كوقود مستمراً إلى الآن، وخاصة في كندا وإيرلندا. وتمتاز حزازة الخُث بخلاياها الميتة الكبيرة القادرة على امتصاص حوالي عشرين ضعف وزنها من الماء، فهي تصلح بذلك كمعدل للتربة، ولتعليب جذور النباتات في أثناء شحنها.

إن الحصاد الجائر الحالي للسفاغنوم قد يحد من آثار منافعها البيئية والاقتصادية والمعمارية.

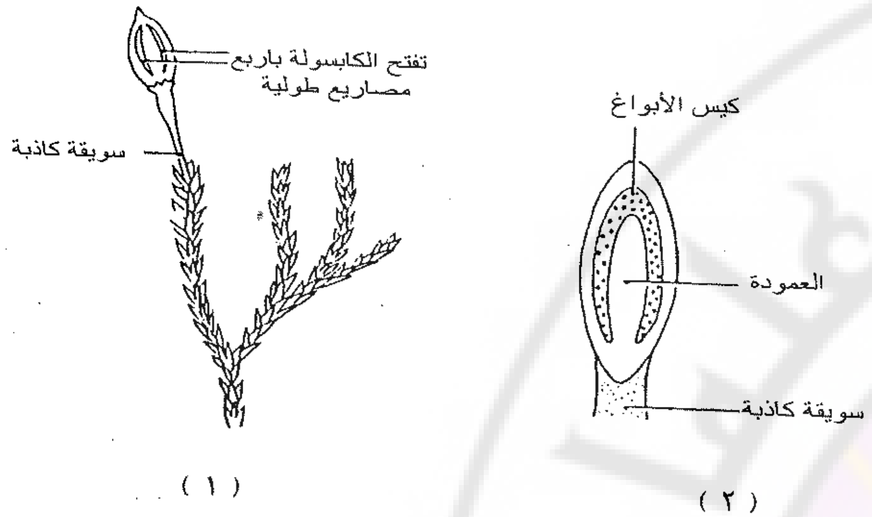
3- رتبة الأندريال **Andraeales**:

وتسمى أيضاً برتبة الحزازيات الصخرية، وتتميز بأنها تجمع في صفاتها قسماً من رتبة السفاغنال، وأخرى من رتبة البريال. فهي تشبه السفاغنال بكون النبات البوغي محمولاً على سويقات كاذبة، وبأن عدد أفرادها قليل حيث تضم فصيلة واحدة Andraeaceae، تحوي جنسان هما أندريا *Andraea* شكل رقم (27:6) ويضم حوالي 120 نوعاً، ونورولوما *Neuroloma* ويحوي نوعاً واحداً فقط.

وتشبه حزازيات البريال في بنية نباتاتها العروسية من جهة، وبأن تطور المحفظة يتم اعتباراً من القميص الداخلي للرشيم.

ثانياً- الكبديات **Hepatophyta** أو الحزازيات الكبدية:

تنمو الكبديات في أماكن أكثر رطوبة من أماكن الحزازيات، إلا أنها نادراً ما تكون مغمورة كلياً بالماء، وتعد من أبسط النباتات البريوية تطوراً والتي تتميز بصفة هامة، تتمثل باحتوائها على متضمنات بروتوبلاسمية مكونة من أجسام زيتية وعفصية تضاف إليها بعض المركبات الأخرى. تضم الكبديات حوال (8500) نوعاً موزعة



شكل 27:6

1- الشكل العام في الجنس أندريا *Andraea*.

2- مخطط لبنية الكابسولة في الجنس نفسه.

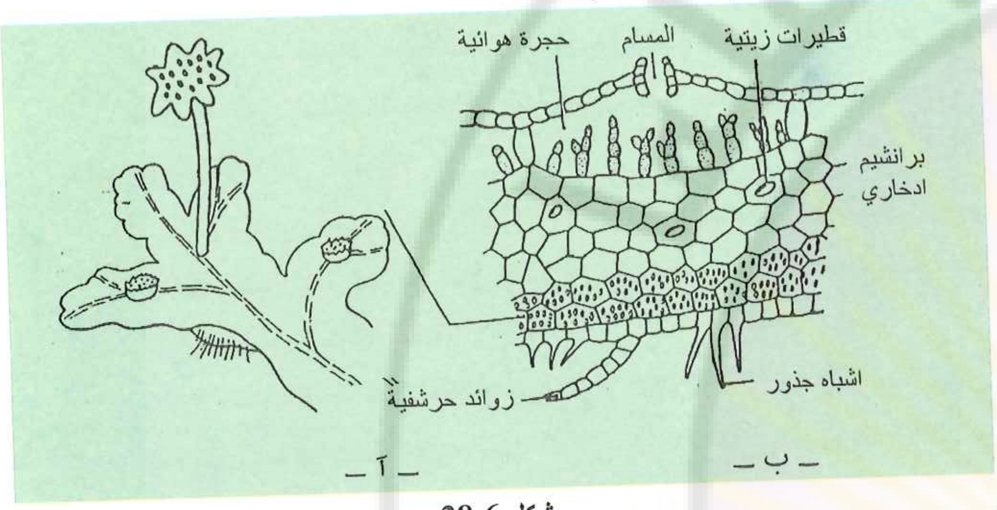
على (75) جنساً، ويمكننا أن نجمع من القطر العربي السوري ما ينيف على مئة نوع من الأماكن الظليلة وعلى التربة والصخور والجذوع الرطبة.

يختلف شكل الجهاز الاعاشي في الكبديات حسب الأنواع، ويمكن بشكل عام تمييز الكبديات المورقة التي تبدو على شكل نبات ذي عضو يشبه الساق وزوائد تشبه الأوراق، وبهذا فهي تشبه الحزازيات أيضاً. والكبديات المشرية التي تبدو على شكل صفيحة (مشرة) متفرعة. وهيَ التي ستكون مثالاً لدراستنا.

أ- الجهاز الاعاشي:

سندرس نموذجاً يتمثل في كبدية الماركانتيا عديدة الأشكال *Marchantia polymorpha* التي هي عبارة عن صفيحة خضراء متفرعة تفرعات ثنائية، يبلغ طولها حوالي (10) سم، ويتراوح عرضها ما بين (1-2) سم، أما أطرافها فهي جبيبة مفصصة (شكل رقم 28:6- آ). وقد جمعت من مناطق الغابات الساحلية السورية وخاصة من غابات الفرنلق شمال اللاذقية.

تبدو المشرة على المقطع العرضي (شكل رقم 28:6- ب)، مؤلفة من قسم علوي يضم المسام والحجيرات الهوائية، وقسم سفلي مؤلف من بارانشيم ادخاري يضم الأجسام الزيتية وأشباه الجذور والزوائد الحرشفية التي تتألف من عدد من الخلايا المتراكبة بعضها فوق بعض، وبهذا تتميز عن أشباه الجذور أحادية الخلية.


قطيرات زيتية
المسام
حجرة هوائية
برانشيم ادخاري
اشباه جذور
زوائد حرشفية
— آ —
— ب —

شكل 28:6

أ- الشكل العام لمشرة ماركانتيا مذكرة تحمل المناطف كما تحمل كوبين من المناثر.

ب- مقطع عرضي في مشرة الماركانتيا.

ب- التكاثر الجنسي أو الشقي:

تتشكل الأعضاء التكاثرية على المشرة في الصيف في مناطق النمو، وعلى استطالة الخط المتوسط: وتتألف من معلاق أو حامل للأعراس Gametophores منها ما تحوي أعراساً ذكرية أو مناطف ، ومنها ما تحوي أعراساً أنثوية أو أرحام، وذلك انطلاقاً من انقسام خلية واحدة تسمى الخلية القمية.

1. **حوامل الأعراس الذكرية:**

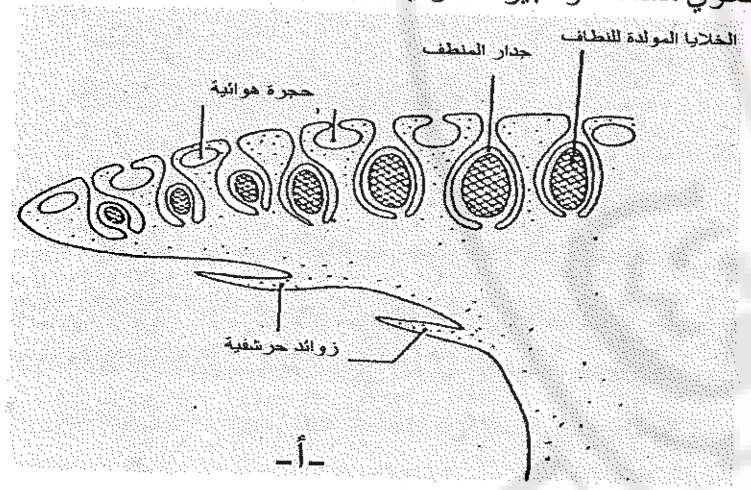
وتدعى أيضاً حوامل المناطف (شكل رقم 6:29-آ) . تظهر هذه الحوامل على المشرة بشكل معلاق في رأسه قبعة ذات ثمانية فصوص.

تبدو القبعة على المقطع العرضي مؤلفة من مسامات وحجيرات هوائية وزوائد حرشفية ومناطف تنغرس ضمن تجاويف بيضوية متمركزة بين الحجيرات الهوائية. ويتألف كل منطف من كتلة بيضوية محمولة على قدم قصيرة، تكون النطاف المتطاولة والمجهزة بسوطين داخله.

2. **حوامل الأعراس الأنثوية:**

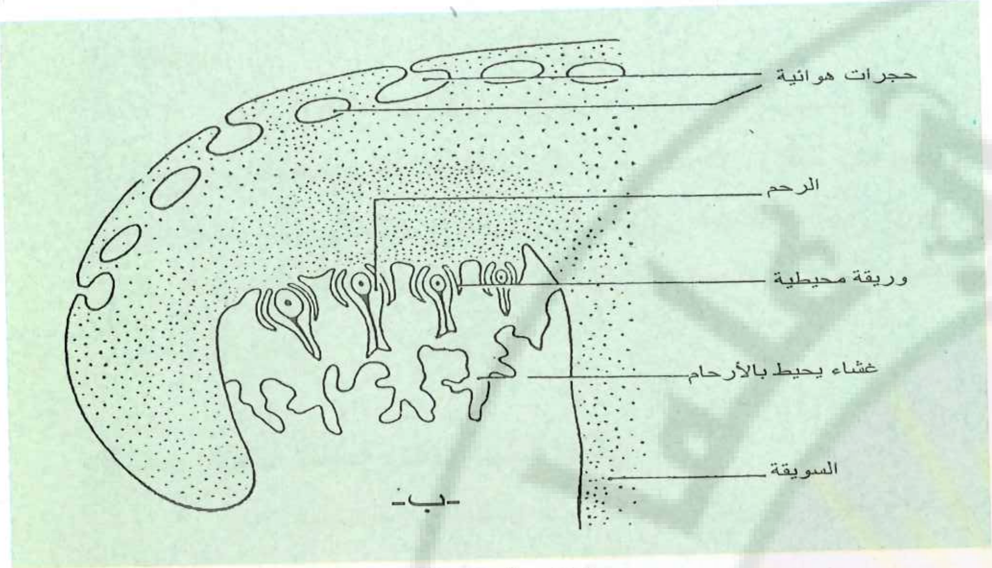
وتدعى أيضاً حوامل الأرحام Archegoniophore (شكل رقم 6:30). تظهر هذه الحوامل على المشرة بشكل معلاق في رأسه قبعة ذات تسعة فصوص شعاعية غالباً.

تبدو القبعة على المقطع العرضي (شكل 6:29- ب) مؤلفة من فصوص شعاعية تحمل على وجهها السفلي الأرحام التي تتحول بعد الإلقاح إلى أكياس بوغية. وتحاط الأرحام بوريقات محيطية. كما تحمل على وجهها العلوي مسامات وحجيرات هوائية.



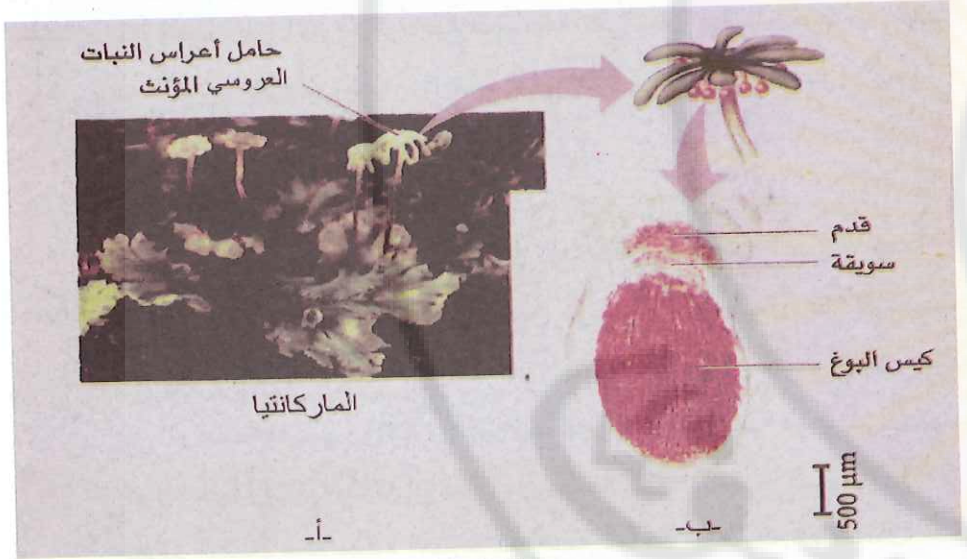
شكل رقم 6-29

أ- وضع المناطف داخل حامل المناطف في الماركانتيا


حجرات هوائية
الرحم
وريقة محيطية
غشاء يحيط بالأرحام
السويقة
-ب-

شكل رقم 6-29

ب- وضع الأرحام في قبعة الماركانتيا المؤنثة.


حامل أعراس النبات العروسي المؤنث
الماركانتيا
قدم
سويقة
كيس البوغ
500 µm
-أ-
-ب-

شكل 30:6

أ- الشكل العام لمشرة الماركانتيا المؤنثة.

ب- مقطع عرضي في الكيس البوغي في الماركانتيا.

3. الإلقاح:

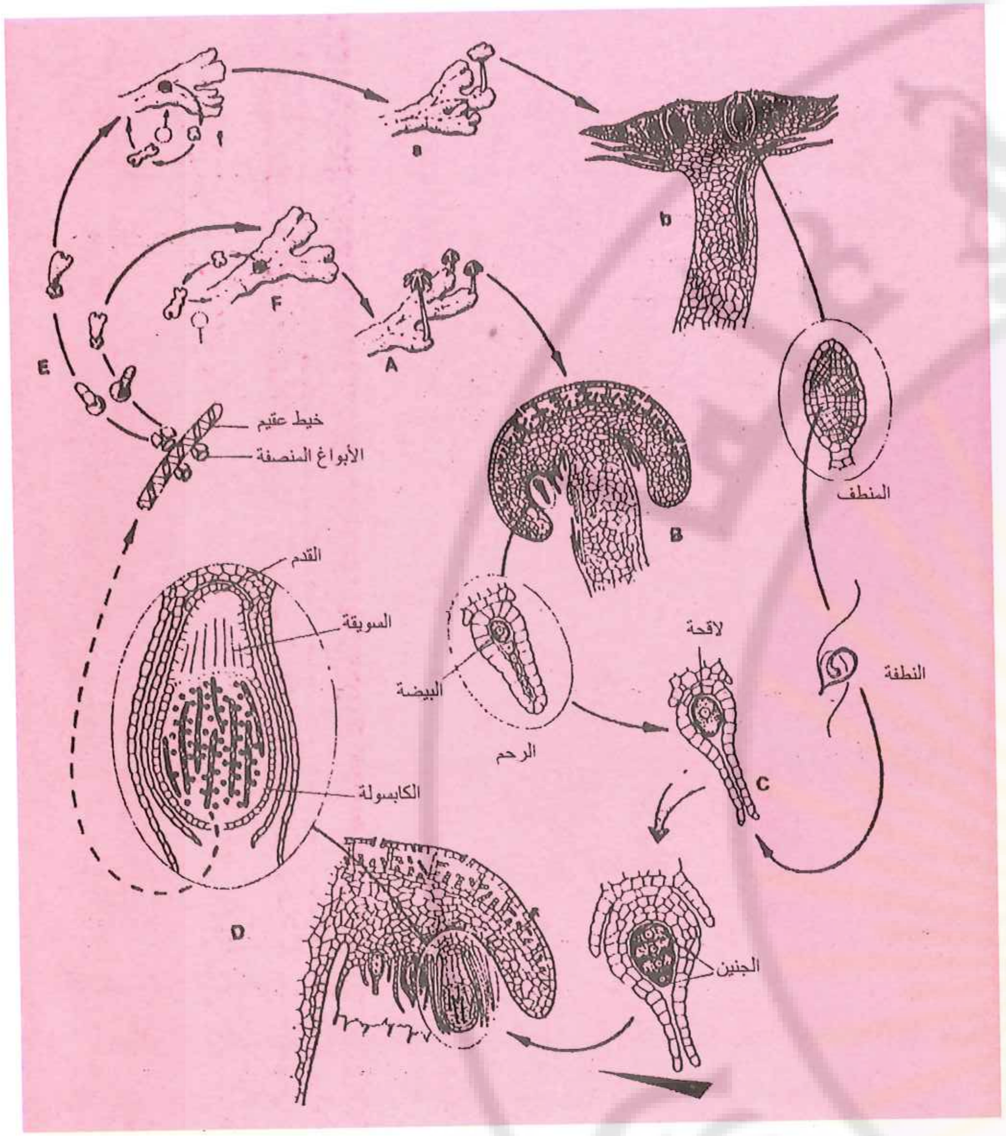
يجري الإلقاح عند نضوج الأرحام، وتتوضع الأرحام الناضجة بالقرب من المحيط، والأرحام الفتية بالقرب من المركز. وغالباً ما يحدث الإلقاح قبل تطاول معاليق حوامل الأرحام فتتكون البيضة الملقحة Zygote، التي تمثل نهاية النبات العروسي وبداية النبات البوغي الذي يتطور ضمن النبات العروسي.

4. تطور البيضة الملقحة وتشكل النبات البوغي:

ينمو النبات البوغي المتمثل في الكيس البوغي ضمن النبات العروسي، ويتألف من سويقة قصيرة ومحفظة أو كابسولة تتطور ضمنها الأبواغ الرباعية Tetraspores. تحاط المحفظة بغلاف أولي من النبات العروسي وهو بطن الرحم، وغلاف ثانوي هو عبارة عن الوريقات المحيطة كما تفصل بين الأبواغ الرباعية المصطفة على شكل سلاسل خيوط عقيمة ذات خلايا متطاولة ومزينة بتزينات لولبية شكل رقم (30:6- ب).

5. تطور الأبواغ وحلقة تطور الكبديات:

تتشكل الأبواغ الرباعية داخل المحفظة كما لاحظنا أعلاه. هذا ولا تخرج المحفظة في الماركانتيا من بطن الرحم كما هي الحال عند الفوناريا، بل يجري تفتحها بوساطة تمزقات غير منتظمة، ثم تنتشر الأبواغ المنصفة في الوسط الخارجي، وتنتش عندما تجد الظروف الملائمة فيزداد حجمها مولدة خيطاً ابتدائياً ضامراً ومكوناً من بضعة خلايا (شكل رقم 31:6- E) تنقسم النهائية منها مولدة المشرة العروسية المؤنثة أو المذكرة (شكل رقم 31:6- f,F) ، لتعيد حلقة التطور من جديد (شكل رقم 31:6).


a
b
A
B
C
D
E
F
f
خيط عقيم
الأبواغ المنصفة
القدم
السويقة
الكابسولة
المنطف
النطفة
لاقحة
البيضة
الرحم
الجنين

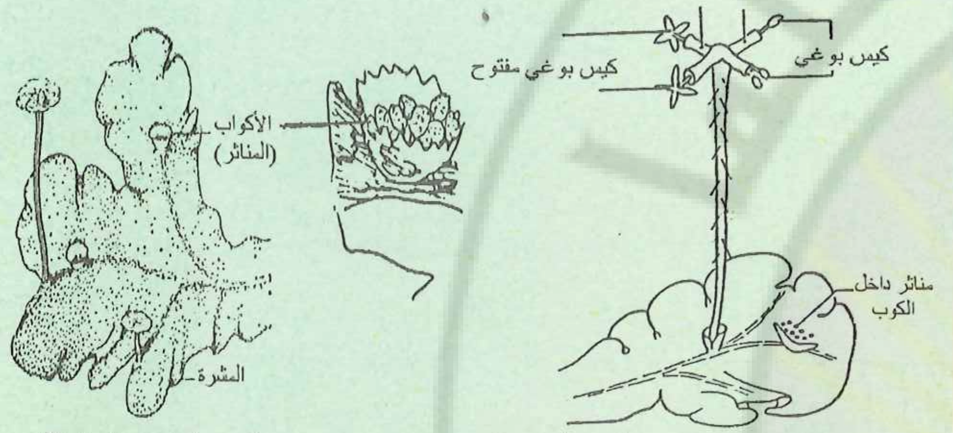
شكل رقم 31:6

حلقة تطور الكبديات نموذج *Marchantia*

(a , A) النبات العروسي. (b , B) الأرحام المناطف، (C) تشكل البيضة الملقحة وتطور الجنين وتشكل النبات البوغي(D). ثم تطور الأبواغ المنصفة (E) وتشكل النبات العروسي (f , F).

جـ- التكاثر الاعاشي أو اللاشقي:

يتميز التكاثر الاعاشي في الكبديات بتشكل بريعمات على شكل أكواب خاصة وتدعى بالمناثر Propagules. وهي عبارة عن أجسام عديسية صغيرة خضراء مؤلفة من خلايا مخاطية وأخرى مولدات للجذور، ومحمولة على معلاق صغير (شكل رقم 32:6).



1-مشرة الماركانتيا الحاوية على الأكواب أو المناثر.　2- تكبير الكوب الحاوي على المناثر.

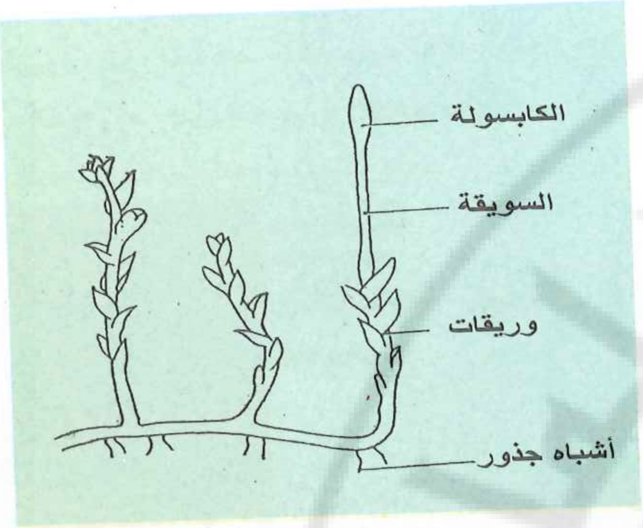
شكل رقم 32:6

التكاثر الاعاشي في الكبديات

د- تصنيف الكبديات:

هناك عدة تصانيف للكبديات، بسبب التباين الموجود بين أفرادها. ولكن تعد الكبديات المورقة أقل تطوراً من الكبديات المشرية. وهكذا يمكن تصنيفها إلى زمرتين:

1- **الكبديات المورقة:** كما هي الحال في كبدية الكالوبريوم *Calobryum* (شكل رقم33:6) التي تبدو بشكل يشبه الحزازيات، وغالباً ما تنمو في الترب الرطبة وتحت جذوع الأشجار.



شكل رقم 33:6
نموذج من الكبديات المورقة:
النبات العروسي في الكالوبريوم *Calobryum* يحمل النبات البوغي

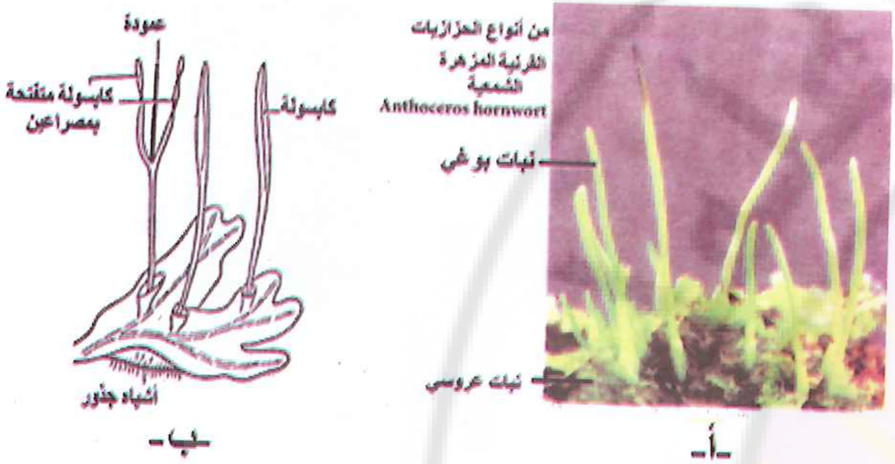
2- **الكبديات المشرية:** كما هي الحال في كبدية الماركانتيا التي درست بالتفصيل.

ثالثاً: الانتوسيرات Anthocerophyta أو الحزازيات القرنية:

تعد حالياً حسبَ ستراسبورغر كرتبة من رتب الكبديات. وعموماً هي عبارة عن مجموعة صغيرة من النباتات البريوية. التي تختلف عن البريويات الأخرى في صفات عديدة أهمها:

- ❖ تتميز جميع أنواعها بنبات عروسي مشري (شكل رقم 34:6- آ).
- ❖ احتواء خلاياها على صانعات يخضورية ضخمة هلالية الشكل تحوي على بيرينوئيد كما هي الحال في الطحالب.
- ❖ تتشكل المناطف من خلايا أدمية (تحت البشرة) على السطح الظهري للنبات العروسي، بينما تكون الأرحام مغمورة كلياً في المشرة العروسية.
- ❖ نباتها البوغي مؤلف من كبسولة متفتحة بمصراعين وفي داخلها أبواغ تحيط بالعمودة أو بالعماد وتختلط بخيوط عقيمة (شكل رقم 34:6- ب).

تضم هذه الزمرة رتبة واحدة فقط، تضم خمسة أجناس وحوالي 320 نوع تجمع كلها في فصيلة واحدة، ويعد جنس أنتوسيروس *Anthoceros* من أهم أجناسها التي تنمو في غاباتنا الساحلية ولذلك سنأخذه كمثال للدراسة.


من أنواع الحزازيات القرنية المزهرة الشمعية
Anthoceros hornwort
نبات بوغي
نبات عروسي
عودة
كابسولة متفتحة بمصراعين
كابسولة
أشباه جذور

ـأـ ـبـ

شكل رقم 34:6

الشكل العام لمشرة نبات الانتوسيروس التي تحمل النبات البوغي.

دراسة جنس الانتوسيروس ليفيس *Anthoceros laevis*:

ينمو الانتوسيروس في مناطق متعددة من العالم، ويصادف بشكل خاص في الخريف على الترب الطينية الكلسية، وقد جمعت عينات منه من سورية من منطقة غابات الفرنلق شمال اللاذقية. تتألف حلقة حياة هذا النبات من :

أ- النبات العروسي Gametophyte:

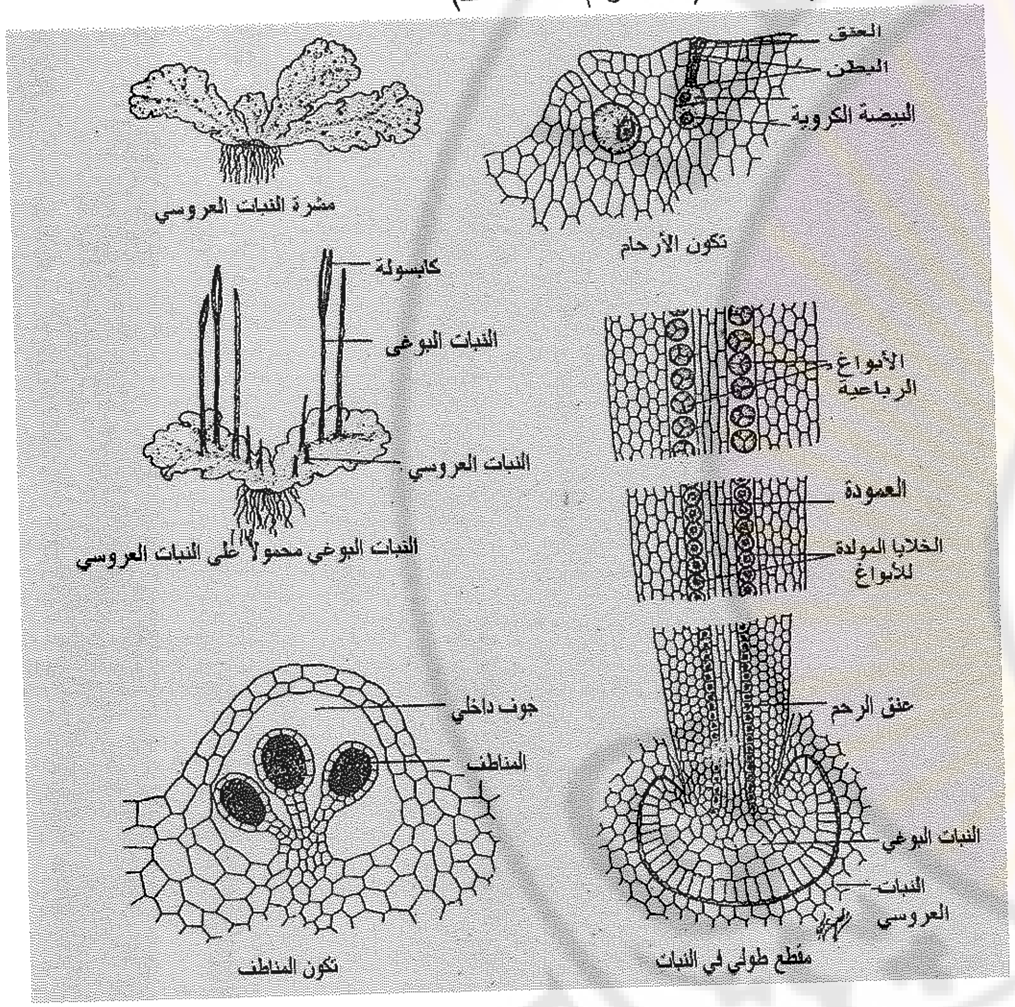
ويتكون من مشرة على شكل صفيحة خضراء مفصصة الأطراف، يتراوح طولها بين (5-15) ملم، وثخانتها بين (6-8) طبقات خلوية - تكسوها بشرة رقيقة غير متمايزة تتخللها مسام على السطح العلوي وأشباه جذور على السطح السفلي (شكل رقم 35:6- A).

تحتوي كل خلية على جسم صانع يخضوري هلالي الشكل يضم البيرونوئيد وحبات النشاء بينما لا تحوي على قطرات زيتية. وهذا يذكر بخلايا الطحالب

الخضراء. وغالباً ما تجتاح الطبقات الخلوية السفلى مستعمرات من الطحالب (الجراثيم) الزرقاء المسماة نوستوك *Nostoc*.

ب- تطور المناطف والأرحام:

تتوضع المناطف والأرحام ضمن نسج النبات العروسي أو على أحد الوجهين العلوي والسفلي وعلى نفس النبات أي أن الانتوسيروس ليفيس أحادي المسكن (شكل رقم 6:35- B).


العنق
البطن
البيضة الكروية
تكون الأرحام
مشرة النبات العروسي
كابسولة
النبات البوغي
النبات العروسي
النبات البوغي محمولاً على النبات العروسي
الأبواغ الرباعية
العمودة
الخلايا المولدة للأبواغ
عنق الرحم
النبات البوغي
النبات العروسي
مقطع طولي في النبات
جوف داخلي
المناطف
تكون المناطف

شكل رقم 35:6

حلقة حياة الانتوسيروس ليفيس

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السابع

التكاثر في النباتات الوعائية اللابذرية

النباتات التريدية (السرخسية)

The Seedless Vascular Plants
Pteridophyta

7-1 الصفات العامة للسرخسيات

7-2 تصنيف السرخسيات

7-2-1 شعبة بسيلوتوفيتا Psilotophyta.

7-2-2 شعبة ليكوبوديوفيتا (أرجل الذئب)
Lycophyta = Lycopodiophyta

7-2-3 شعبة ايكويسيتوفيتا (أذناب الخيل)
Equisetophyta = Sphenophyta

7-2-4 شعبة فيليكوفيتا (كثيرات الأرجل او السراخس)
Filicophyta = Polypodiophyta (Ferns)

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السابع

التكاثر في النباتات الوعائية اللابذرية

النباتات التريدية (السرخسية)

The Seedless Vascular Plants - Pteridophyta

من المحتمل أن يكون سلف النباتات البريوية والوعائية طحلباً أخضر عديد الخلايا وصل إلى الشاطئ وتكيف مع الحياة الأرضية منذ أكثر من 400 مليون عام. لذلك لابد من أن يترافق ذلك بخصائص جديدة تطورت لكي يتلاءم ذلك مع المعيشة الأرضية ومن هذه الخصائص:

- تشكل غلاف خارجي من خلايا عقيمة حول الأكياس العروسية والأجنة ليحمي النسج.
- تشكل مسام من أجل التبادلات الغازية، وقشيرة Cuticle.

وهذه البنى تحمي الأجزاء الحيوية للنبات من الجفاف على الأقل جزئياً.

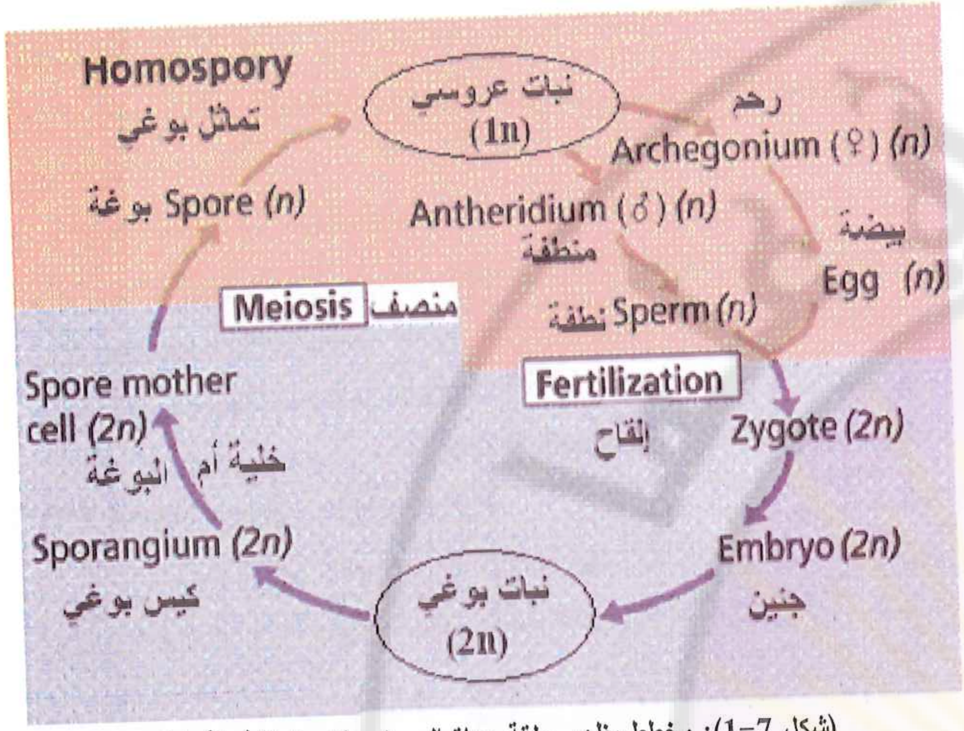
لم تتزود البريويات بجهاز وعائي لنقل الماء، باعتبار أنها تحصل على حاجتها من الماء بامتصاصه عبر سطوح أجزائها فوق الأرضية، ولكن الإلقاح لديها يحتاج للماء الخارجي. ولكن بالنسبة للسرخسيات وخلال المراحل المبكرة من تطورها بدأ تشكل نسج ناقلة داخلية تتمثل بالخشب Xylem واللحاء Phloem، وأوراق حقيقية، وجذور للامتصاص وتعزيز النمو. وينمو النبات البوغي الفتي ويتثبت على النبات العروسي لفترة وجيزة ثم يستقل بمعيشته بشكل كلي عن النبات العروسي.

7-1 الصفات العامة للسرخسيات:

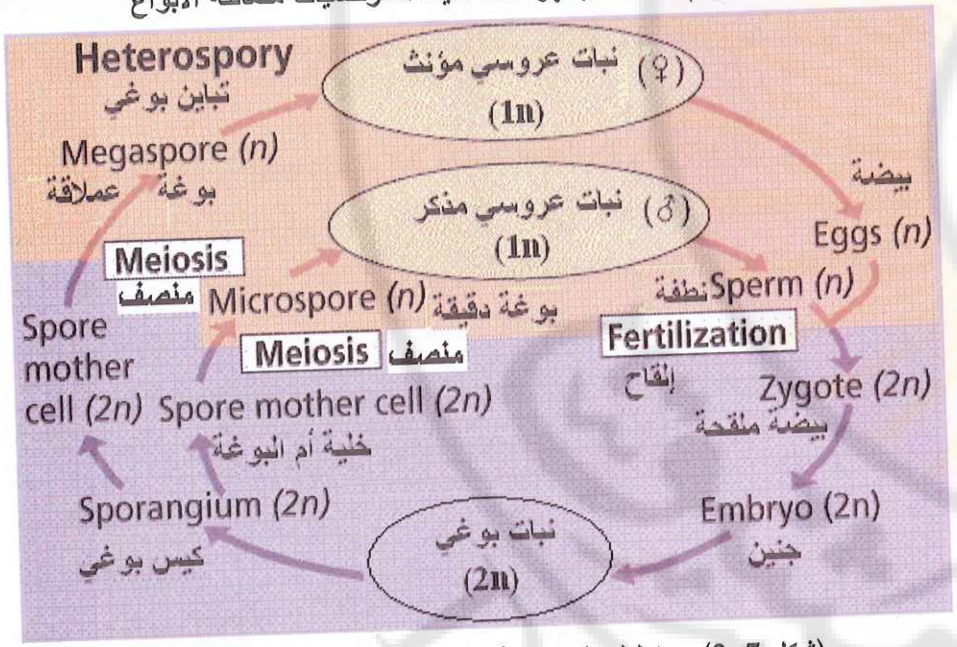
- يشكل ظهور السرخسيات مرحلة فاصلة في تطور العالم النباتي. إن امتلاك السرخسيات لجهاز وعائي يمر عبره النسغ ليجتاز جسم النبات كله، وليأخذ أيضاً دوراً داعماً قد مكن من انطلاق النبات البوغي الذي يتمايز إلى جذر وساق وأوراق، وهذه الأعضاء تكون شديدة التنوع حسب درجة رقي النبات، وتعتبر البيضة الملقحة 2n

أول خلية في النبات البوغي. ويكون النبات البوغي ذاتي الاغتذاء، مستقل عن النبات العروسي باستثناء فترة قصيرة جنينية.

- النبات العروسي غالباً مشري ومتراجع بأبعاده ومدته، وتعتبر البوغة 1n أول خلية في النبات العروسي، وفي غالب الأحيان يظهر النبات العروسي بشكل درنة أو قرص أخضر وظيفته الرئيسية حمل الأعضاء الجنسية من مناطف وأرحام. أما فترة حياة النبات العروسي فهي تتراوح بين بضعة أيام وبضع سنوات. قد تُحمل المناطف والأرحام في مشرة واحدة أو في مشرتين مختلفتين حسب الأنواع.
- يظهر تعاقب جيلين بشكل واضح بين نبات عروسي أحادي الصيغة الصبغية 1n ونبات بوغي مضاعف الصيغة الصبغية 2n يسيطر على النبات العروسي زمنياً ويكون أكثر تعقيداً وتطوراً.
- الجهاز الوعائي بسيط. يتضمن اللحاء خلايا لحائية وأنابيب غربالية، أما الخشب فذو بنية ابتدائية، باستثناء السراخس الشجرية، ويتكون بشكل أساسي من قصيبات، حلقية وحلزونية في الخشب الأول، ومخطط في الخشب التالي، وقد ظهرت القصيبات لأول مرة في السرخسيات.
- يتأمن نمو الجذور والسوق في السرخسيات بفضل خلية أصلية قمية رباعية الوجوه توجد في قمة الجذر والساق، إلا أن بعضها يبرز وجود مجموعة من الخلايا الأصلية تؤمن النمو كما في أرجل الذئب والايزويتس، وهذا يذكرنا بعريانات البذور وثنائيات الفلقة. أما تفرع الجذور والسوق فغالباً ثنائي باستثناء أذناب الخيل فيكون تفرعها بشكل دوارات.
- بعض السرخسيات تشكل أبواغاً متماثلة تعطي عند إنتاشها نباتات عروسية أحادية المسكن أي تحمل مناطف وأرحام، وبعضها يشكل أبواغاً غير متماثلة، صغيرة تعطي بإنتاشها نباتات عروسية مذكرة تحمل مناطف فقط، وأبواغاً كبيرة تعطي بإنتاشها نباتات عروسية مؤنثة تحمل أرحاماً فقط. وبناءً على ذلك يمكن تمييز نمطين من دورات الحياة (شكل 7-1 و 7-2).


Homospory
تماثل بوغي
نبات عروسي (1n)
رحم
Archegonium (♀) (n)
Antheridium (♂) (n)
منطفة
بيضة
Egg (n)
بوغة Spore (n)
Meiosis منصف
نطفة Sperm (n)
Fertilization
إلقاح
Zygote (2n)
Spore mother cell (2n)
خلية أم البوغة
Sporangium (2n)
كيس بوغي
نبات بوغي (2n)
Embryo (2n)
جنين

(شكل 7-1): مخطط يظهر حلقة حياة السرخسيات متماثلة الأبواغ


Heterospory
تباين بوغي
نبات عروسي مؤنث (♀) (1n)
Megaspore (n)
بوغة عملاقة
بيضة
Eggs (n)
نبات عروسي مذكر (♂) (1n)
Meiosis
منصف
Microspore (n) بوغة دقيقة
نطفة Sperm (n)
Meiosis منصف
Fertilization
إلقاح
Zygote (2n)
بيضة ملقحة
Spore mother cell (2n)
Spore mother cell (2n)
خلية أم البوغة
Sporangium (2n)
كيس بوغي
نبات بوغي (2n)
Embryo (2n)
جنين

(شكل 7-2): مخطط يظهر حلقة حياة السرخسيات متباينة الأبواغ

7-2 تصنيف السرخسيات:

تنتمي السرخسيات Pteridophyta إلى مملكة النباتات Kingdom Plantae وتضم أربع شعب:

1- شعبة بسيلوتوفيتا Psilotophyta.
2- شعبة ليكوبوديوفيتا (أرجل الذئب) Lycophyta = Lycopodiophyta.
3- شعبة ايكويسيتوفيتا (أذناب الخيل) Equisetophyta = Sphenophyta.
4- شعبة فيليكوفيتا (السراخس أو كثيرات الأرجل) Filicophyta = Polypodiophyta (Ferns).

7-2-1 شعبة بسيلوتوفيتا Psilotophyta:

تعد أفراد هذه الشعبة أبسط النباتات الوعائية على الإطلاق، وتختلف بشكلها عن مجموعات السرخسيات الأخرى، حتى أن مكانها الدقيق في العالم النباتي غير واضح تماماً. وربما ازدهرت منذ 400 مليون عام مضت. تشبه أفراد هذه الشعبة البريويات Bryophyta من حيث غياب الجذور والأوراق الحقيقية، ولكنها سرخسيات دون أدنى شك فهي تحوي في محور سوقها على أسطوانة مركزية متخشبة ومتمايزة بشكل واضح.

تُجمع الأشكال المتحجرة في رتبة Psilophytales والتي عرفت منذ الحقب السيلوري الأوسط واختفت في الحقب الديفوني الأعلى. ولكن يرى بعض المصنفين وضع هذه الأشكال المتحجرة في شعبة مستقلة Rhyniophyta أما الأشكال الحالية فتجمع في صف Psilotopsida الذي يضم رتبة واحدة Psilotales تضم بدورها فصيلة واحدة Psilotaceae، وجنسين هما *Psilotum*, *Tmesipteris*, وعدداً قليلاً من الأنواع 4-8 أنواع، تعيش في المناطق الاستوائية.

جنس *Psilotum*:

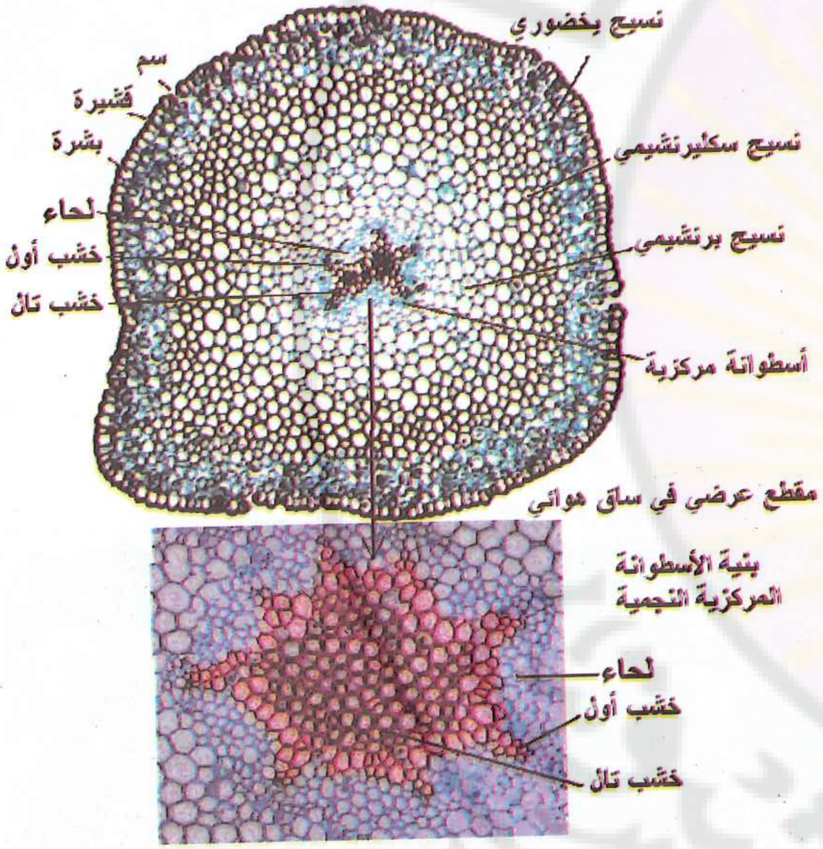
رتبة Psilotales

فصيلة Psilotaceae

يضم هذا الجنس نوعين *P. nudum, P. flaccidium* ، وينتشر في الأقاليم المدارية.

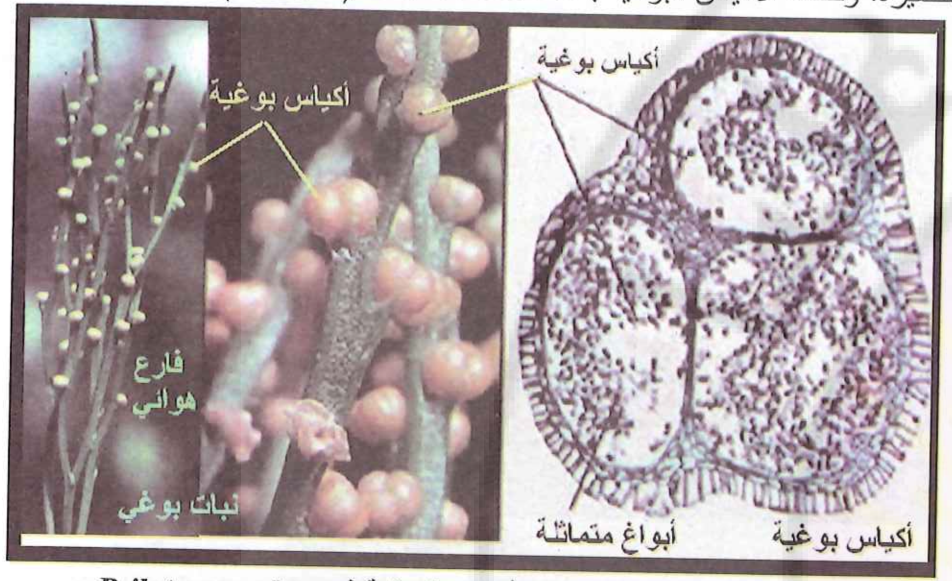
يتكون النبات البوغي Sporophyte من جذمور منطمر في التراب ويحمل أشباه جذيرات Rhizoids وحيدة الخلية، وساق أخضر يحمل أوراق حرشفية، متفرع في ثنائيات، ويقوم بالتركيب الضوئي، ويحوي أوعية ناقلة، ويتراوح ارتفاعه بين 30-100سم.

تظهر البنية التشريحية للساق وجود أسطوانة مركزية نجمية وقشرة، وتكون الخلايا السطحية من القشرة والواقعة تحت البشرة مباشرة يخضورية قادرة على التركيب الضوئي، ويتخلل البشرة عدد من المسامات التي تسمح بالتبادل الغازي (شكل7-3).


نسيج يخضوري
سم
قشيرة
بشرة
نسيج سكليرنشيمي
لحاء
نسيج برنشيمي
خشب أول
خشب تال
أسطوانة مركزية
مقطع عرضي في ساق هوائي
بنية الأسطوانة المركزية النجمية
لحاء
خشب أول
خشب تال

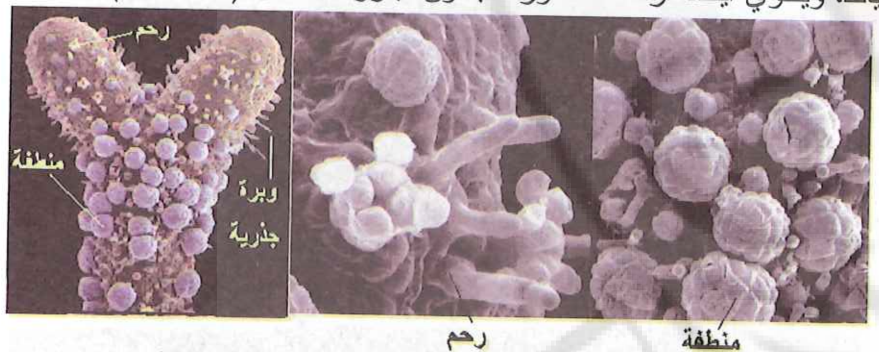
(شكل 7-3): مقطع عرضي وبنية الأسطوانة المركزية النجمية في ساق هوائي لجنس *Psilotum*

أما الأكياس البوغية فتكون محمولة في المنطقة العلوية من الساق في آباط الزوائد الورقية، وتلتحم كل ثلاثة أكياس بوغية مع بعضها عند النضج وتحمل بسويقة قصيرة، وتحاط الأكياس البوغية بغلاف متعدد الطبقات (شكل 7-4).


أكياس بوغية
أكياس بوغية
فارع هوائي
نبات بوغي
أبواغ متماثلة
أكياس بوغية

(شكل 7-4): النبات البوغي والأكياس البوغية في *Psilotum nudum*

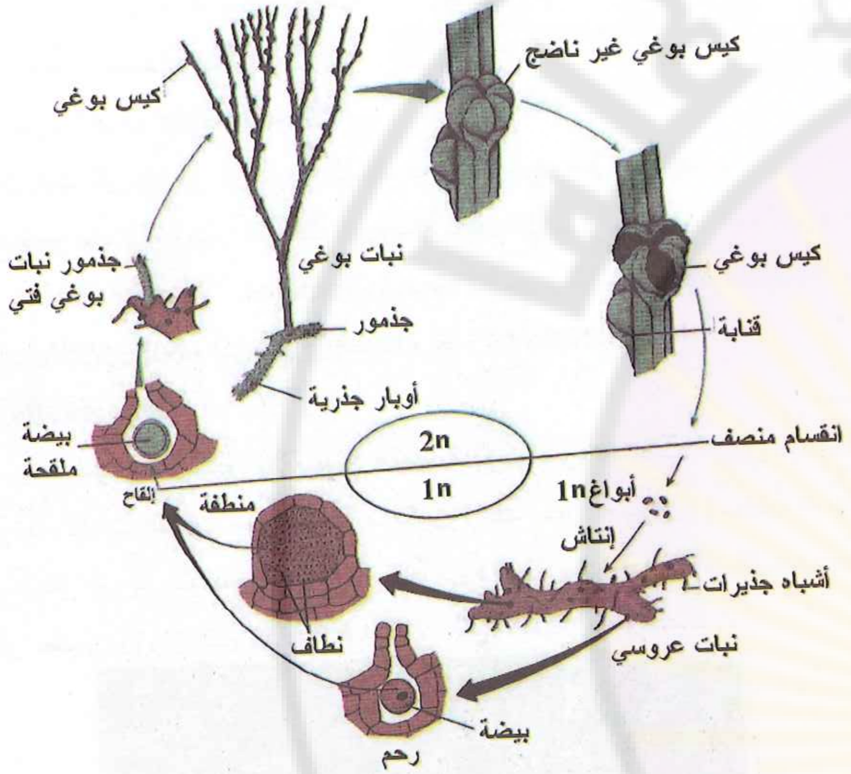
وتكون أبواغ الأكياس البوغية متماثلة، ويؤدي تطورها إلى تشكل نبات عروسي Gametophyte تحت ترابي وعديم اليخضور ويتعايش مع الفطريات (فطريات جذرية) ، ويحمل مناطف كروية الشكل، يحوي كل منها عدداً كبيراً من النطاف عديدة السياط، ويحوي أيضاً أرحاماً مغمورة البطون، بارزة الأعناق (شكل 7-5).


رحم
منطفة
وبرة جذرية
رحم
منطفة

مشرة عروسية من منظر سطحي (مجهر إلكتروني ماسح)

(شكل 7-5): مشرة عروسية تظهر المناطف والأرحام في *Psilotum nudum*

يحدث الإلقاح في الرحم عند توافر رطوبة كافية وتتشكل بيضة ملقحة تنقسم لتعطي جنيناً يتطور بشكل بطيء داخل التربة ويعطي خلال بضع سنوات نباتاً بوغياً نموذجياً (شكل 7-6).


كيس بوغي غير ناضج
كيس بوغي
نبات بوغي
كيس بوغي
قنابة
جذمور نبات بوغي فتي
جذمور
أوبار جذرية
بيضة ملقحة
انقسام منصف
2n
1n
إلقاح
منطقة
أبواغ 1n
إنتاش
أشباه جذيرات
نبات عروسي
نطاف
بيضة
رحم

(شكل 7-6): حلقة الحياة في جنس *Psilotum*

7-2-2 شعبة ليكوبوديوفيتا (أرجل الذئب) Lycophyta = Lycopodiophyta:

تنتشر أفراد هذه الشعبة في جميع أنحاء العالم، وتغزر في المناطق الاستوائية وفي المناطق المعتدلة الرطبة. يتكون النبات البوغي من جذر، وساق بسيط أو متفرع في ثنائيات يصل ارتفاعه إلى 30-150 سم يتشكل من جذمور ، وأوراق يمكن أن يصل طولها إلى 1سم ونادراً أكبر بقليل تتوضع بشكل حلزوني أو متقابل. يوجد نمطان من الأوراق بوغية وعقيمة، وتحمل كل ورقة بوغية كيساً بوغياً واحداً على

سطحها العلوي، وتجتمع الأوراق البوغية غالباً في مخاريط بوغية انتهائية. تضم هذه الشعبة ثلاثة صفوف:

1- صف أرجل الذئب المستحاثية Lycophytopsida.
2- صف أرجل الذئب (Lycopodiopsida) Lycopsida.
3- صف Isoetopsida.

وسوف ندرس **صف Isoetopsida:**

تتميز النباتات البوغية في أفراد هذا الصف بوجود لسينة تحمل في إبط الورقة، أما الأبواغ فغير متماثلة، وتنمو النباتات العروسية داخل الأبواغ. يضم هذا الصف رتبتين: Isoetales, Selaginellales. وسوف ندرس جنساً واحداً *Selaginella* من رتبة Selaginellales والتي تحوي فصيلة واحدة Selaginellaceae.

جنس *Selaginella*:

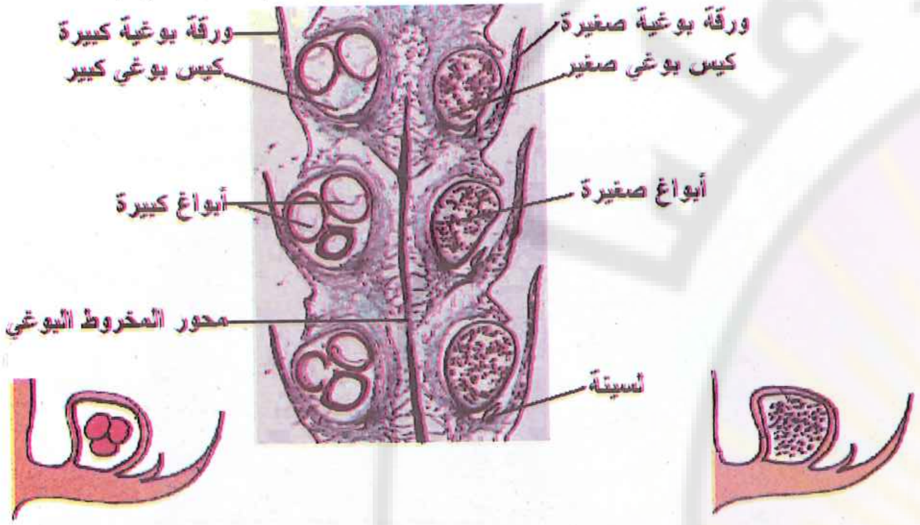
يضم هذا الجنس نحو 700 نوع عالمية الانتشار، وخاصة في المناطق الاستوائية. للنبات البوغي ساق، غالباً ما يكون زاحفاً متفرعاً بغزارة بشكل ثنائي. يغطي الساق أوراق متوضعة في أربعة صفوف ، صفان ظهريان (أوراق صغيرة) وصفان بطنيان (أوراق كبيرة) (شكل7-7).

(شكل 7-7): النبات البوغي في أحد أنواع جنس *Selaginella* يظهر السوق المتفرعة الحاملة لصفين من الأوراق

ويتميز هذا الجنس بميزتين رئيسيتين:

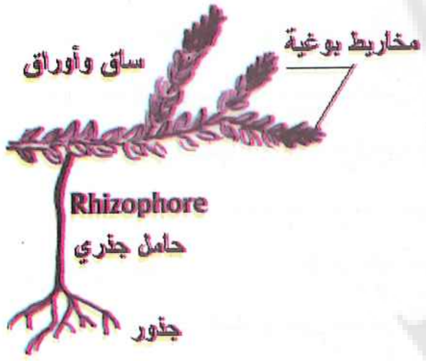
1- أبواغ الأكياس البوغية غير متماثلة Heterospory مما يقود لتشكيل نمطين من المشرات العروسية مذكرة ومؤنثة.

2- تحمل الورقة في إبطها زائدة تسمى لسينة Ligule (شكل 7-8).


ورقة بوغية كبيرة
كيس بوغي كبير
أبواغ كبيرة
محور المخروط البوغي
ورقة بوغية صغيرة
كيس بوغي صغير
أبواغ صغيرة
لسينة

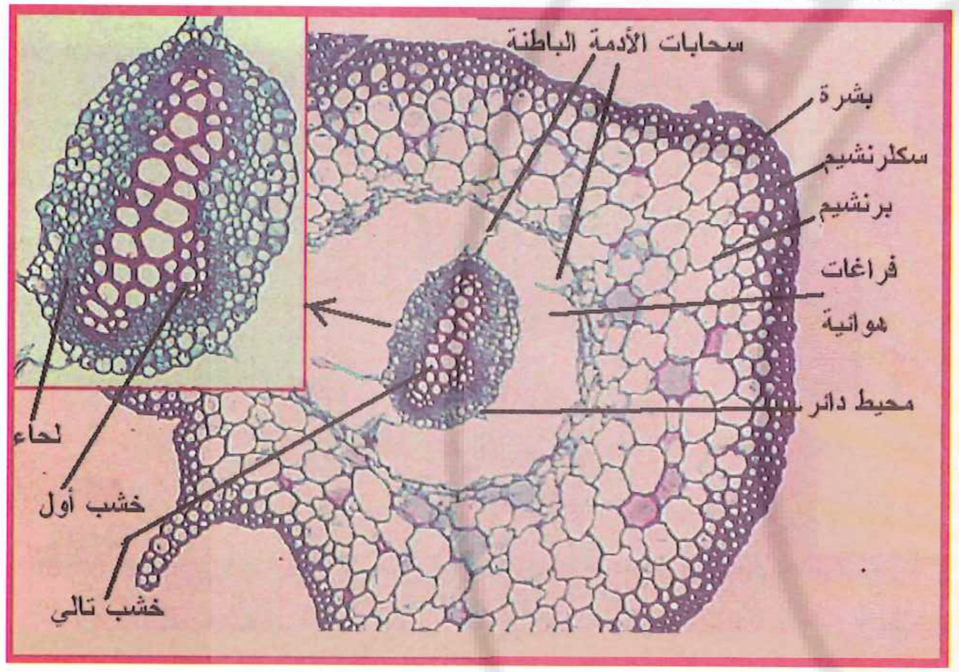
(شكل 7-8): بنية المخروط البوغي في جنس *Selaginella*

تتوضع اللسينة Ligule في قاعدة كل ورقة ومن الوجه العلوي وهي زائدة صفيحية غشائية. وفي قاعدة كل فرع من فروع الساق يتشكل حامل جذري Rhizophore يحمل في نهايته جذوراً تخترق التربة وتحمل أوباراً ماصة. لا يحمل الحامل الجذري أوراقاً ولا يحتوي على يخضور، ويتميز بعدم وجود قلنسوة في قمته الأمر الذي دفع بعض الباحثين بأن رأوه ذا بنية ساقية وبعضهم رأى أنه ذو بنية جذرية وآخرون يرون أنه ذو بنية جنينية غير متمايزة (شكل 7-9).


ساق وأوراق
مخاريط بوغية
Rhizophore
حامل جذري
جذور

(شكل 7-9): رسم تخطيطي للنبات البوغي في جنس *Selaginella*

تشير البنية التشريحية للساق إلى وجود: قشيرة، بشرة، سكليرنشيم، برنشيم قشري، أدمة باطنة. ويكون الساق غالباً متعدد الأسطوانات (1–16 أسطوانة حسب الأنواع) وتتكون كل أسطوانة من رأسين من الخشب الأول ويتوضع الخشب التالي بينهما ويحيط اللحاء بالخشب، وتتثبت الأسطوانات بوساطة سحابات Trabeculae (مفردها Trabecula) بسبب وجود فراغات هوائية (شكل 7–10). أما الجذور وحوامل الجذور فتكون وحيدة الأسطوانة.



(شكل 7–10): مقطع عرضي في ساق ***Selaginella***

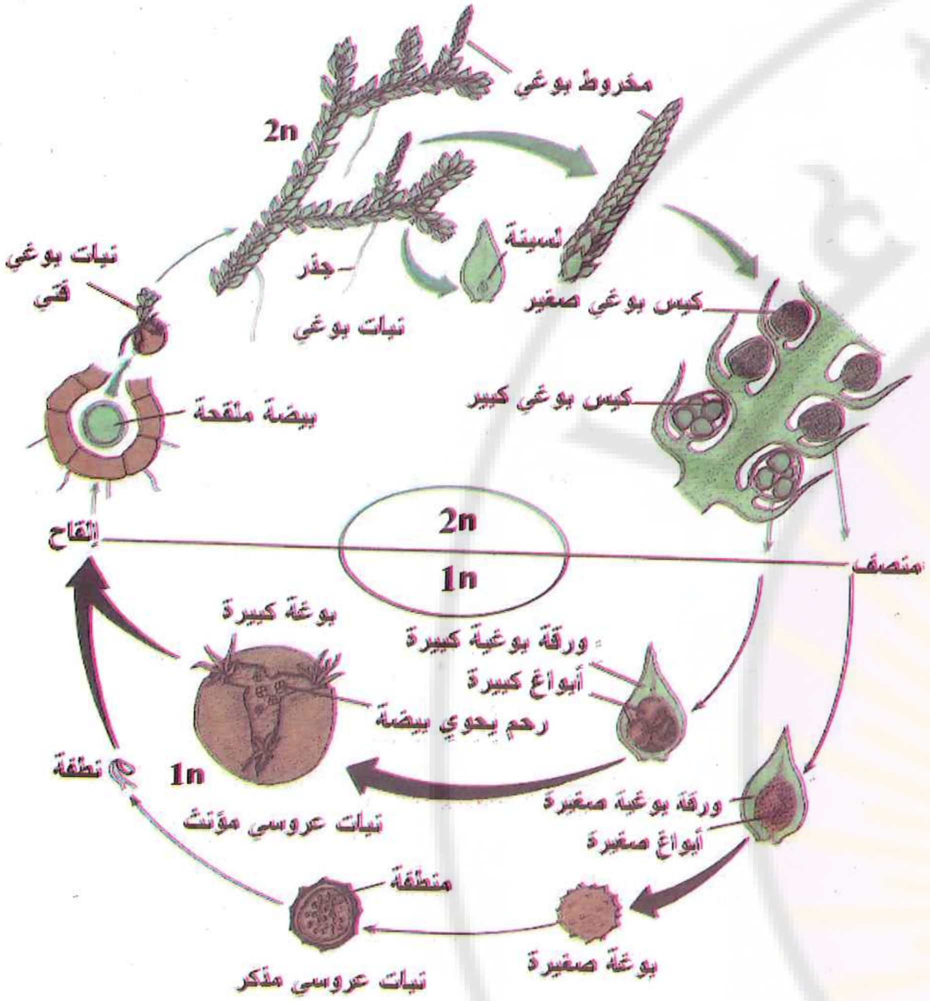
يعد عدم تماثل الأبواغ حالة تطورية مهمة لأن ذلك يؤدي لتشكيل نمطين من المشرات العروسية، مذكرة ومؤنثة، وهذا يتماشى مع الخط التطوري لدى البذريات حيث يعد جميع أفرادها غير متماثل الأبواغ (حب طلع وبويضات).

يتمثل الجهاز البوغي بمخاريط بوغية تتوضع في قمم السوق ويتكون المخروط البوغي من محور يحمل أوراقاً بوغية تشبه الأوراق العادية العقيمة، وتحمل كل ورقة بوغية على سطحها العلوي بين محور المخروط واللسينة كيساً بوغياً وحيداً صغيراً

Microsporange يحوي 64 بوغة صغيرة Microspores، أو كيساً بوغياً كبيراً Megasporange يضم أربع أبواغ كبيرة Macrospores. وبذلك يضم المخروط البوغي كلا نمطي الأوراق البوغية الكبيرة والصغيرة التي تترتب بطرائق ثلاث حسب الأنواع: قد تكون الكبيرة في قاعدة المخروط والصغيرة في قمته، أو قد تكون الكبيرة في جهة من المخروط البوغي والصغيرة في الجهة المقابلة، وقد تكون مختلطة الترتيب.

يتشكل النبات العروسي المذكر من انقسام بوغة صغيرة انقساماً أولياً لتعطي خليتين إحداهما إعاشية صغيرة لا تلبث أن تتلاشى، والثانية كبيرة تتابع انقساماتها لتشكل المنطفة التي تتكون من صف من الخلايا العقيمة، وأعراس ذكرية (نطاف) في المركز يصل عددها إلى 256 نطفة سابحة بسوطين. أما النبات العروسي المؤنث فيتشكل اعتباراً من بوغة كبيرة تبدأ انقساماتها وهي حبيسة داخل الكيس البوغي الكبير لتشكل مشرة مؤنثة يتمايز فيها عدد من الأرحام ولا يلقح منها إلا رحماً واحداً. يجري اكتمال نضج الأرحام وعملية الإلقاح في التربة الرطبة، حيث تسبح النطاف نحو الأرحام وتنجح نطفة بتلقيح البيضة في أحد الأرحام وتتشكل بيضة ملقحة تتحول إلى جنين ثم إلى نبات بوغي مكتمل.

يمكن تلخيص حلقة حياة *Selaginella* بالشكل (7-11) الآتي:


مخروط بوغي
2n
نبات بوغي
فتي
لسينة
جذر
نبات بوغي
كيس بوغي صغير
كيس بوغي كبير
بيضة ملقحة
إلقاح
2n
1n
منصف
بوغة كبيرة
ورقة بوغية كبيرة
أبواغ كبيرة
رحم يحوي بيضة
نطفة
1n
نبات عروسي مؤنث
ورقة بوغية صغيرة
أبواغ صغيرة
منطقة
بوغة صغيرة
نبات عروسي مذكر

(شكل 7-11): التكاثر وحلقة الحياة في جنس *Selaginella*

7-2-3 شعبة إيكويسيتوفيتا (أذناب الخيل) Equisetophyta (Horsetails) أو ذوات الأوراق الإسفينية Sphenophyta:

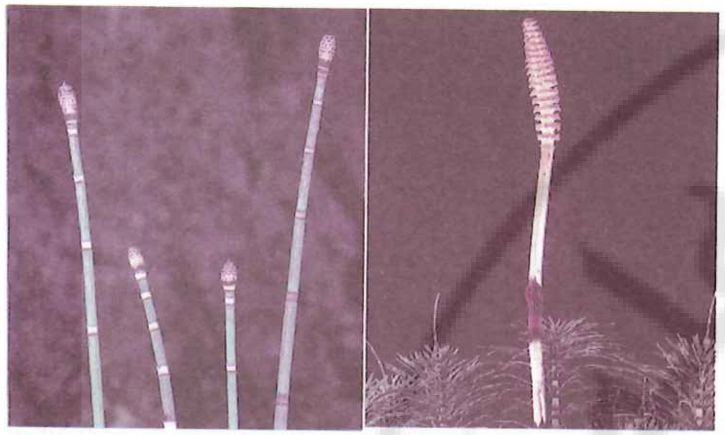
تعد أفراد هذه الشعبة عالمية الانتشار لاسيما في نصف الكرة الشمالي، وتعتبر أمريكا الموطن الأصلي لها. تتميز أفراد هذه الشعبة بسوقها المقسمة إلى قطع متتالية تبدي وجود أثلام وأعراف، حاملة عند كل عقدة دوارة من الأوراق الضامرة. أما أكياس الأبواغ فتكون محمولة بواسطة أجزاء خاصة تعرف باسم حوامل أكياس

الأبواغ Sporangiophores وتتجمع في نهاية سوق خصبة. وكانت تمثل بأشجار ضخمة انقرضت ولم يبق منها إلا جنساً واحداً هو ذنب الخيل *Equisetum* الذي ينتمي إلى رتبة أذناب الخيل Equisetales وفصيلة Equisetaceae.

جنس *Equisetum*:

يضم هذا الجنس قرابة 25 نوعاً ويطلق عليه اسم ذنب الخيل لأن تفرعات النبات البوغي الثانوية تعطي أفراد هذا الجنس مظهر ذنب الخيل. وهو نبات عشبي يصل ارتفاعه حتى قرابة 130سم، ولكن في المناطق الاستوائية والغابات الرطبة كغابات كاليفورنيا يمكن أن يتجاوز ارتفاعه 460 سم. وقد شوهد في منطقة الربوة في مدينة دمشق. يتكون النبات البوغي من جذمور معمر، يمتد أفقياً في التربة، ومكون من عقد يتشكل منها الجذور وسلاميات وفي بعض الأنواع قد يتشكل من الجذمور جذوراً عرضية تمتد في التربة حتى 2 متر. أما الساق الهوائي فمتمفصل ومكون من عقد تملؤها النسج، وسلاميات ذات فضوة مركزية، ويبدي وجود أعراف وأثلام يقابلها فضوات عرفية وثلمية. تحاط العقد بياقة من الأوراق الحرشفية الممتدة قليلاً حول السلامية التي تعلوها، وتكون الأوراق الحرشفية هذه عديمة اليخضور لذلك فإن عملية التركيب الضوئي تناط بالسوق الخضراء.

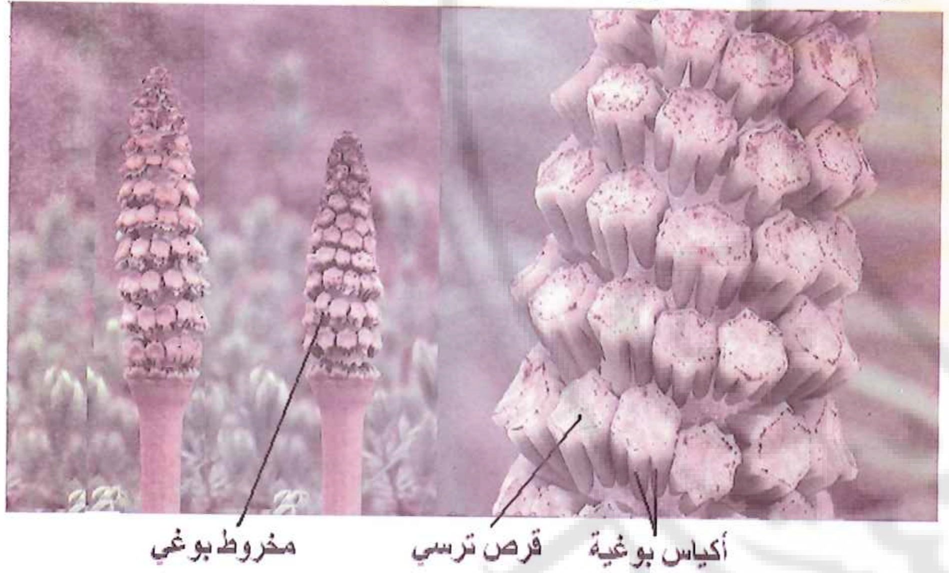
تكون السوق الهوائية حسب الأنواع متماثلة أي تكون إعاشية ويتشكل عليها أكياس الأبواغ عند التكاثر، أو قد تكون السوق من نمطين: عقيم ومخصب. تتشكل الفروع الخصبة في الربيع وتكون عديمة اليخضور وغير متفرعة. أما الفروع العقيمة فتكون خضراء وتحمل في أماكن العقد دوارات من الفروع الثانوية، وفي بعض الأنواع تحمل الفروع الثانوية فروعاً ثالثية أكثر قصراً، مع الإشارة إلى وجود أنواع ذات سوق هوائية غير متفرعة (شكل 7-12).



نوع غير متفرع من جنس *Equisetum* نوع متفرع من جنس *Equisetum*

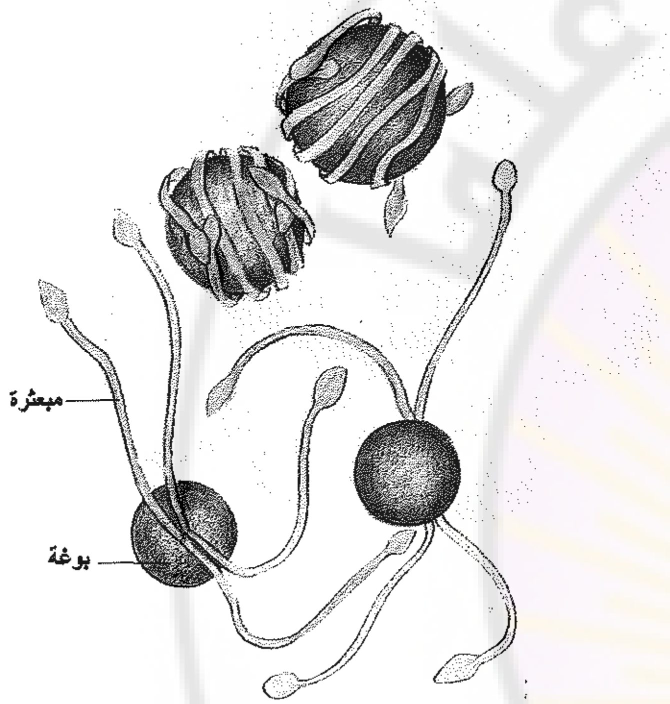
(شكل 7–12): نوعان من ذنب الخيل *Equisetum* أحدهما ذو سوق متفرعة والأخر ذو سوق غير متفرعة

يحمل كل فرع مخصب في قمته مخروطاً بوغياً بطول 2–4سم مكوناً من عدة دوارات من حوامل أكياس الأبواغ المرتصة بشكل كثيف إلى محور سميك. ويتكون كل حامل من محور أفقي ينتهي بلويحة مسطحة سداسية الأضلاع تمثل ورقة بوغية متحورة، تحمل من خمسة إلى عشرة أكياس بوغية (شكل 7–13).



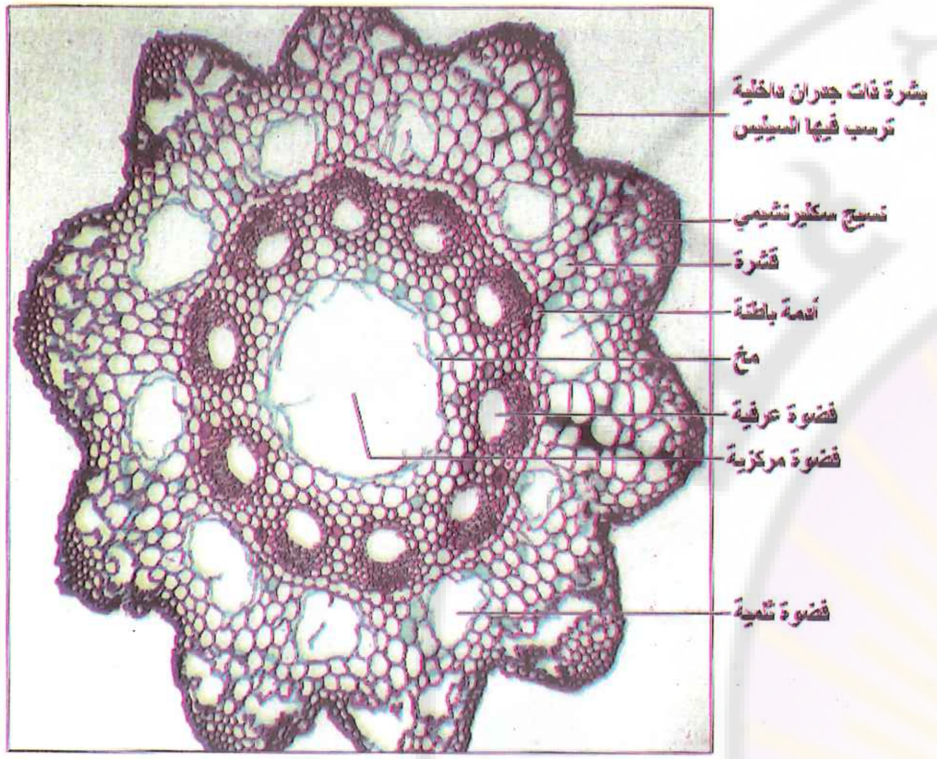
(شكل 7–13): بنية المخروط البوغي في ذنب الخيل **Equisetum arvense**

يحوي كل كيس بوغي عدداً كبيراً من الأبواغ المتماثلة والمتشابكة بأربع زوائد تشبه الأجنحة، تخرج من جدار خارجي على سطح البوغة وتسمى مبعثرات Elaters حيث تكون حساسة للرطوبة وتسهل انتشار الأبواغ (شكل 7-14).



(شكل 7-14): الأبواغ والمبعثرات Elaters (منتشرة ومطوية) في جنس *Equisetum*

يكشف تشريح الساق (شكل 7-15) عن وجود مسام ونسيج يخضوري يعوض صغر المساحة الورقية، مع اضمحلال النسج الوعائية وتشكل فضوات هوائية. ولا يوجد على الإطلاق نسج ثانوية، والحزم الابتدائية قد تراجعت إلى قليل من اللحاء وبعض القصيبات من الخشب التالي إلى يمين ويسار الفضوة المتلاشية من الخشب الأول.


بشرة ذات جدران داخلية ترسب فيها السيلس
نسيج سكليرنشيمي
قشرة
أدمة باطنة
مخ
قضوة عرقية
قضوة مركزية
قضوة ثلمية

(شكل 7-15): بنية ساق جنس Equisetum في مقطع عرضي

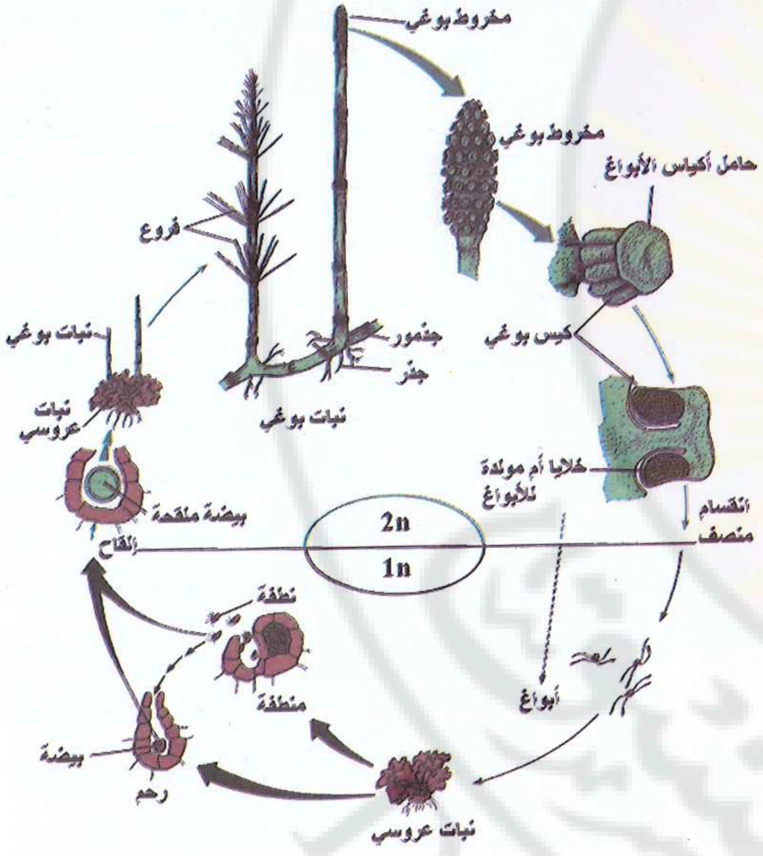
التكاثر Reproduction:

يمكن أن تتكاثر أنواع هذا الجنس إعاشياً بتقطع الساق أو الجذمور بفعل الحيوانات، وعندها يمكن للجزء المنفصل أن ينمو إلى نبات بوغي جديد. ولكن التكاثر الجنسي هو الشائع في معظم الأنواع.

بما أن أبواغ أكياس الأبواغ متماثلة فمن المفترض أن تنتش معطية مشرات عروسية تحمل مناطف وأرحام، ولكن تبين أنه في بعض الأنواع ليست الحالة كذلك إذ يتشكل مشرات عروسية تحمل مناطف ومشرات عروسية تحمل أرحاماً، وبالتالي فهناك نباتات عروسية مذكرة ونباتات عروسية مؤنثة لدى بعض الأنواع. والموضوع أعقد من ذلك فقد تبين أنه لدى بعض الأنواع تتشكل المناطف أولاً، ويُتبع ذلك بتشكل الأرحام على نفس المشرة العروسية في شروط التغذية الجيدة. تكون المشرة العروسية بشكل صفيحة خضراء مسطحة ومفصصة، ثخانتها طبقة واحدة من الخلايا وبقطر لا

يتجاوز 8 ملم، وتحمل من وجهها السفلي أشباه جذيرات عديدة. بعد حوالي 30-40 يوم تبدأ الأعضاء الجنسية بالظهور، حيث تتشكل المناطف في قمم الفصوص ويكون بناؤها بسيط جداً، فللمنطف جدار مكون من صف واحد من الخلايا وفي الداخل نجد 256 نطفة حلزونية تزود كل نطفة بباقة من الأهداب. وتتشكل الأرحام كما ذكرنا على نفس المشرة العروسية أو على مشرة مستقلة وفي هذه الحالة تكون أكبر وأكثر تفرعاً من المشرة العروسية الذكرية، وتتوضع الأرحام في قاعدة الأثلام بين الفصوص.

يحدث الإلقاح بين نطفة 1n وبيضة 1n، ويمكن أن تتلقح عدة بيوض ويتشكل جنين أو عدداً من الأجنة 2n حيث يتطور كل منها إلى نبات بوغي جديد (شكل 7-16).


مخروط بوغي
مخروط بوغي
حامل أكياس الأبواغ
فروع
نبات بوغي
جذمور
جذر
كيس بوغي
نبات عروسي
نبات بوغي
خلايا أم مولدة للأبواغ
بيضة ملقحة
2n
1n
انقسام منصف
إلقاح
نطفة
أبواغ
منطفة
بيضة
رحم
نبات عروسي

(شكل 7-16): التكاثر وحلقة الحياة في جنس ***Equisetum***

يعتبر هذا الجنس من النباتات الطبية إذ تحوي فروعه الخضراء العقيمة حمض السيليس وكميات جيدة من فيتامين C وعلى قلويدات وغليكوزيدات فلافونوئيدية وكاروتينات وأملاح معدنية ومواد راتنجية. لهذا النبات استخدامات طبية عديدة نذكر منها: معالجة أمراض الروماتيزم، الحصيات الكلوية والمرارية، أمراض الطرق التنفسية والسعال المزمن، موقف للنزيف كنزيف البواسير والأنزفة الرحمية ومطهر ومضاد للإلتهابات، كما يفيد في حالات التسمم بالعناصر الثقيلة حيث يزيد من طرحها مع البول، ويفيد في مداواة السل الرئوي والجلدي (العودات، 2001).

4-2-7 شعبة فيليكوفيتا (كثيرات الأرجل أو السراخس):
:Filicophyta = Polypodiophyta = (Ferns)

يبلغ عدد أنواع شعبة السراخس نحو 11000 نوع، تختلف بالأشكال والحجوم، فبعضها صغير طاف لا يتجاوز قطره 1سم، على حين أن بعضها الآخر يمكن أن يصل ارتفاعه حتى 25م. يتكون النبات البوغي من جذمور منطمر في التربة، وأوراق كبيرة (فرندات) Fronds ذات نمو قمي تمتلك حزمة أو مجموعة من الحزم الوعائية التي تترك فضوة في الساق عند منطلقها من الأسطوانة المركزية، وتكون متفرعة ذات عروق، ومقسمة إلى أجزاء صغيرة. أما الأكياس البوغية فصغيرة وعديدة تتجمع في بقع وتتوضع على هامش الأوراق، على سطحها العلوي أو السفلي، مكشوفة أو مغطاة بقميص Indusium حقيقي أو كاذب. الأبواغ متماثلة، تنتش معطية نباتات عروسية معظمها فوق التربة وتحمل مناطف وأرحام، أو غير متماثلة كما هو الحال في السراخس المائية مثل السلفينيا *Salvinia*.

يحتاج الإلقاح لدى أفراد هذه الشعبة للماء، لذلك تغزر أفرادها في المناطق الاستوائية والمعتدلة الرطبة، ولكنها تنتشر في معظم بلدان العالم حتى أن قلة منها تكيف للحياة في المناطق الجافة.

تجمع أفراد هذه الشعبة في ثلاث مجموعات تطورية وتصنف في أربعة صفوف:

1- مجموعة السراخس البدائية Primofilices وتضم صفاً واحداً:

- **صف السراخس البدائية Primofilicopsida** الذي يضم أجناساً مستحاثية منقرضة.

2- مجموعة السراخس الحقيقية Eufilices وتضم صفان:

- **صف Ophioglossopsida.**
- **صف Marattiopsida.**

3- مجموعة السراخس الكاذبة Leptofilices وتضم صفاً واحداً :

- **صف كثيرات الأرجل Polypodiopsida.**

وتختلف السراخس الحقيقية عن السراخس الكاذبة (الأرقى) بعدة صفات يتمثل أهمها بالكيس البوغي، حسب الجدول رقم (7-1) الآتي:

(جدول 7-1): بعض الفروق في أكياس الأبواغ بين السراخس الحقيقية والكاذبة

الصفة	السراخس الحقيقية أفراد صفي Ophioglossopsida Marattiopsida	السراخس الكاذبة أفراد صف كثيرات الأرجل Polypodiopsida
تشكل الأكياس البوغية	تشكلها ونضجها في وقت واحد	تشكلها ونضجها مختلط
منشأ الأكياس البوغية	من مجموعة خلايا عميقة	من خلية سطحية واحدة
غلاف الكيس البوغي	عدة طبقات	طبقة واحدة
عدد الأبواغ ونمطها	عددها كبير ومتماثلة	عددها قليل وغير متماثلة
تفتح الكيس البوغي	بشق طولي	بشق عرضي لوجود الطبقة الآلية

ولن ندخل في تفاصيل هذه الصفوف لكننا سندرس بإيجاز صف كثيرات الأرجل Polypodiopsida.

صف كثيرات الأرجل Polypodiopsida:

ينتمي إلى هذا الصف نحو 10000 نوع و 270 جنساً ويضم معظم السراخس الحية الحالية الراقية. أشكال نباتاتها البوغية شديدة التنوع فقد تكون صغيرة الحجم ذات سوق زاحفة مطمورة في التربة، وقد تكون كبيرة يصل ارتفاع سوقها حتى 30 م ، وبعضها متسلق وبعضها الآخر فوقي على جذوع الأشجار.

بعض أفراد هذا الصف أرضية المعيشة متماثلة الأبواغ ويقسمها المصنفون في ثلاثة تحتصفوف، وبعضها مائي المعيشة، غير متماثل الأبواغ ويقسمها المصنفون في تحتصفين.

ندرس منها مثالاً واحداً وهو الخنشار أو السرخس المذكر *Dryopteris filix-mas* .

السرخس المذكر *Dryopteris filix-mas* (الخنشار):

صف كثيرات الأرجل Polypodiopsida

تحتصف Hymenophylliidae

رتبة Aspidiales

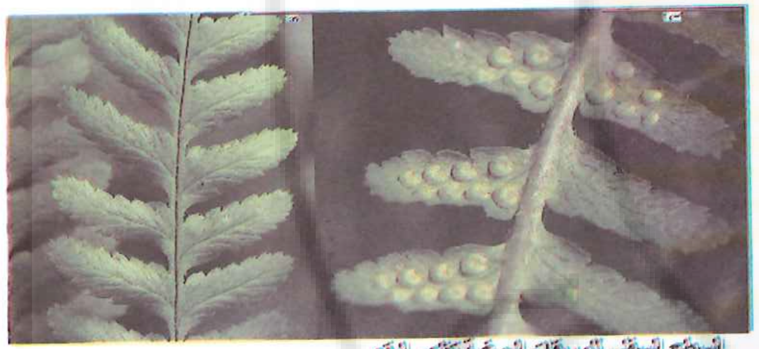
للنبات البوغي جذمور مطمور في التربة ينمو داخل التربة ليعطي باتجاه السطح باقة من الأوراق الضخمة، ويغطى بجملة من الجذور المعترضة الرفيعة المتفرعة بغزارة.

تكون الأوراق البالغة مجنحة أما الفتية فعكازية الشكل، ويمكن أن يصل ارتفاع الورقة البالغة إلى المتر. ونموها يحتاج إلى ثلاث سنوات بدءاً من تشكلها. تتكون الورقة من معلاق طويل وقرص كبير مفصص (شكل 7-17).

أوراق فتية عكازية
أوراق ناضجة

(شكل 7–17): النبات البوغي في السرخس المذكر ***Dryopteris filix-mas***

تتجمع الأكياس البوغية في السرخس المذكر بشكل بقع بوغية Sori (مفردها Sorus) على السطح السفلي للورقة على جانبي الضلع الرئيسية، وتكون كروية الشكل. وتتثبت الأكياس البوغية بسويقات طويلة على امتداد من نسيج الورقة (مشيمة)، ومن المشيمة أيضاً يتشكل قميص Indusium قلبي الشكل وحقيقي يغطي البقعة البوغية (شكل 7–18).


السطح السفلي للوريقات البوغية تظهر البقع البوغية المغطاة بقمصان حقيقية
السطح العلوي للوريقات البوغية

(شكل 7–18): البقع البوغية على السطح السفلي للوريقات البوغية في السرخس المذكر ***Dryopteris filix-mas***

يتشكل الكيس البوغي من خلية سطحية من الورقة، ويكون عدسي الشكل محدب من الطرفين ويحوي الكيس البوغي الناضج 64 بوغة. ويتكون جداره من طبقة واحدة من الخلايا المختلفة، فبعضها يشكل حلقة Annulus تتميز بثخانة جدرانها الشعاعية

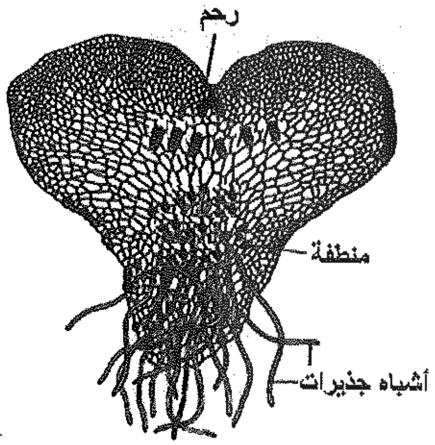
والداخلية ورقة جدرانها الخارجية المحيطية. وبعض خلايا جدار الكيس تمثل خلايا شفوية Stomium تتميز برقة جدرانها.

يتفتح الكيس البوغي بشق عرضي من خلال تمزق يصيب الخلايا الشفوية يتبع بانحناء خلايا الحلقة الآلية وارتدادها إلى الخلف ثم العودة إلى الأمام دافعة معها الأبواغ، ويعد اختلاف درجة الرطوبة والجفاف واختلاف ثخانات جدر خلايا جدار الكيس البوغي عوامل رئيسية في تفتح الكيس البوغي.

تكون الأبواغ متماثلة، وتبقى ساكنة في التربة لفترة من الزمن ثم يتمزق جدارها ويخرج منها خلية خضراء تعطي شبه جذير عديم اللون وخيطاً يتكون من بضع خلايا. يتطاول الخيط ويتشكل فيه بعض الحواجز ليعطي صفيحة خضراء مسطحة ذاتية الإغتذاء تدعى طليعة المشرة Prothallus لا تلبث أن تتحول إلى مشرة عروسية قلبية الشكل Prothalium تتكون من طبقة خلوية واحدة باستثناء جزئها المركزي الذي يتكون من عدة طبقات خلوية وتتثبت إلى التربة بأشباه جذيرات.

يعتمد شكل طليعة المشرة النهائي على الوسط، فإذا كانت مفردة يكون شكلها قلبي، أما إذا اجتمعت عدة طلائع مشرية إلى جانب بعضها فيبقى شكلها خيطياً.

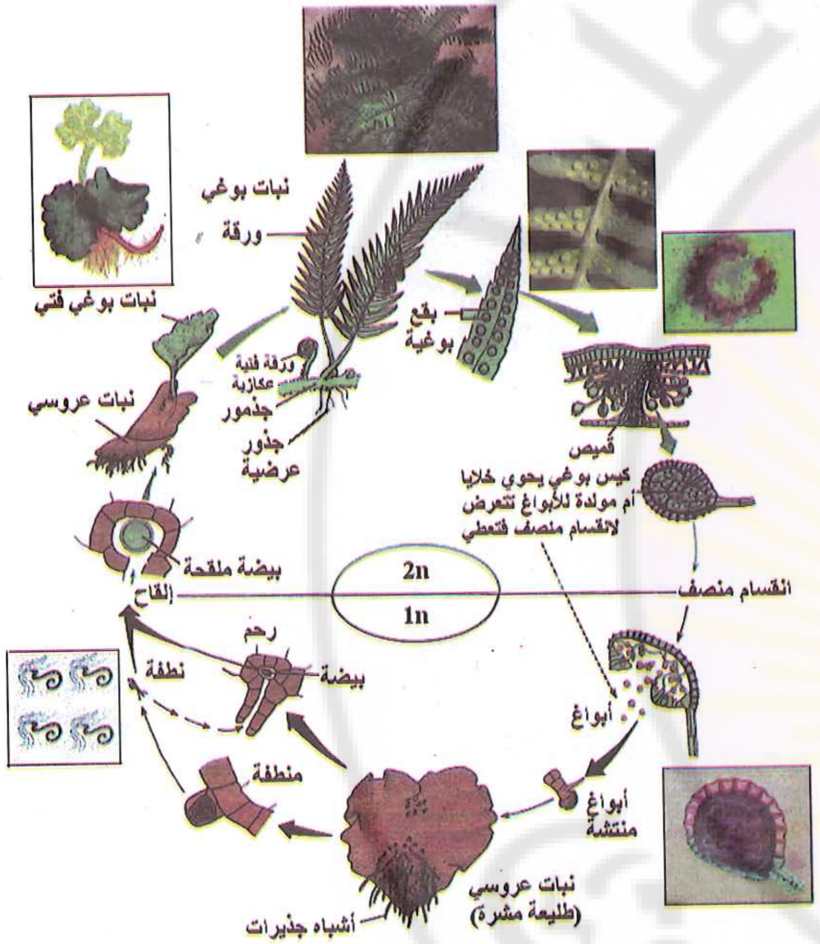
تتشكل المناطف والأرحام على السطح السفلي*للمشرة العروسية وتتوضع المناطف كروية الشكل في قاعدة المشرة بين أشباه الجذيرات وتحوي المنطفة نحو 30-50 نطفة كثيرة الأهداب، بينما تتوضع الأرحام المتطاولة قرب الثلم العلوي المتوسط. تنضج المناطف قبل الأرحام مما يسهل عملية الإلقاح المتصالب (شكل 7-19).



(شكل 7-19): مشرة عروسية ناضجة قلبية الشكل تحمل المناطف والأرحام في السرخس المذكر *Dryopteris filix-mas*

بعد الإلقاح يتشكل الجنين حيث يتشكل الجذر والجذمور والوريقات الأولى ليصبح نباتاً مستقلاً يتحول إلى نبات بوغي مكتمل.

يمكن أن نلخص حلقة حياة السرخس المذكر *Dryopteris filix-mas* (الخنشار) بالشكل (7−20).


نبات بوغي
ورقة
نبات بوغي فتي
بقع بوغية
ورقة فتية عكازية
جذمور
جذور عرضية
نبات عروسي
قميص
كيس بوغي يحوي خلايا أم مولدة للأبواغ تتعرض لانقسام منصف فتعطي
بيضة ملقحة
2n
إلقاح
انقسام منصف
1n
رحم
نطفة
بيضة
أبواغ
منطفة
أبواغ منتشة
نبات عروسي (طليعة مشرة)
أشباه جذيرات

(شكل 7−20): التكاثر وحلقة الحياة في السرخس المذكر (الخنشار)
Dryopteris filix-mas

تستخدم جذامير هذا النبات طبياً في معالجة أمراض عدة نذكر منها: طرد الديدان الشريطية، الروماتيزم، البواسير، الجروح المتقيحة، تشنج عضلات الأرجل (العودات، 2001).

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثامن

التكاثر في النباتات البذرية

Spermatophyta

8-1 الخصائص العامة للنباتات البذرية

8-2 التكاثر في عاريات البذور

8-3 تطور عاريات البذور وتصنيفها

8-4 التكاثر في مغلفات البذور Angiosperms أو Magnoliophytina

جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثامن

التكاثر في النباتات البذرية Spermatophyta

للنباتات البذرية أثر هام في مجتمع الإنسان، وتُقدم دراسات المستحاثات والدراسات المقارنة المجراة على النباتات الحية ما يدل على أن أصل هذه النباتات البذرية يعود تقريباً إلى 360 مليون سنة. إلا أنّ الإنسان شرع منذ ثلاثة عشرة آلاف سنة تقريباً فقط بتدجين القمح والذرة والموز، وغيرها من النباتات البذرية البرية. ولقد ظهرت هذه الممارسة بشكل منفصل في مناطق مختلفة من العالم، بما فيها الشرق الأدنى، وشرق آسيا، وإفريقيا، والأمريكيتين.

إن التحول الزراعي الأكثر أهمية في تاريخ البشرية قد نتج عن مداجنة Domestication النباتات البذرية، وعلى رأسها مغلفات البذور، فقد نقل معظم المجتمعات البشرية من عصابات جائلة تجمع الطرائد، إلى مستوطنات دائمة استقرت بفضل الزراعة. سنستهل هذا الفصل بالبحث في الخصائص العامة للنباتات البذرية. ثم سننظر في تكاثر عاريات البذور *Gymnosperms* ومغلفاتها *Angiosperms* ومظاهرها المميزة.

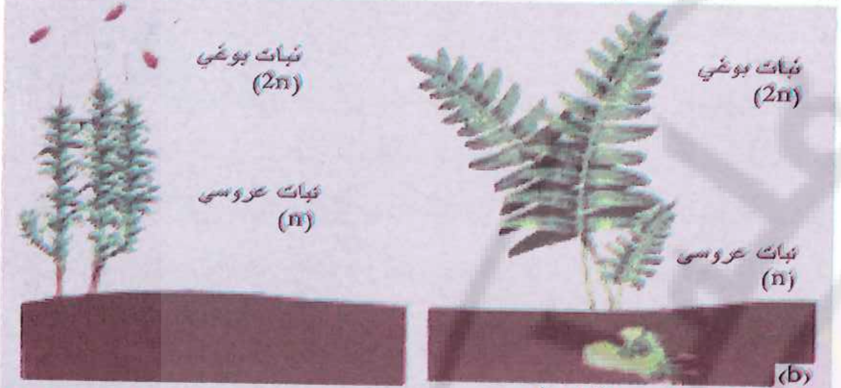
8-1 الخصائص العامة للنباتات البذرية:

تتميز جميع النباتات البذرية بصفات مشتركة فيما بينها – فضلاً عن البذور – بما يلي: النباتات العروسية الضامرة Reduced Gametophytes، وتغاير البوغية Heterosporous، والبييضات Ovules، وحب الطلع Pollen Grains. وتفتقر النباتات اللابذرية إلى جميع هذه التكيفات، فيما عدا ما تبديه بعض الأنواع من تغاير البوغية.

- **النباتات العروسية الضامرة:**

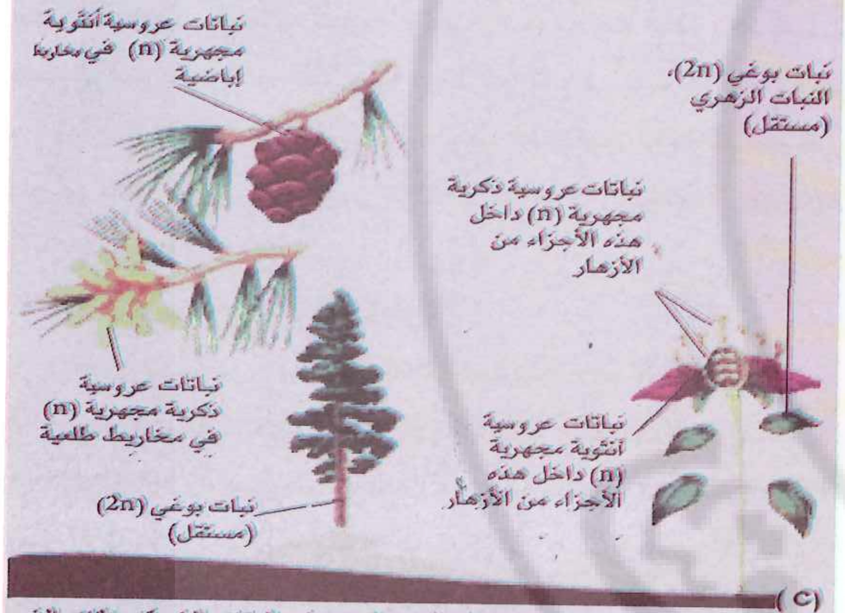
تسيطر النباتات العروسية في دورات حياة النباتات البريوية Bryophytes، فيما يكون للسراخس والنباتات الوعائية اللابذرية الأخرى دورات حياة يسيطر فيها

النبات البوغي. بينما نجد أن النباتات العروسية لمعظم النباتات البذرية تكاد لا ترى إلا بالمجهر شكل رقم (1:8).


نبات بوغي
(2n)
نبات عروسي
(n)
نبات بوغي
(2n)
نبات عروسي
(n)
(b)

(a) النبات البوغي واعتماده في غذائه على النبات العروسي في النباتات البريوية bryophytes

(b) النبات البوغي الكبير والنبات العروسي الصغير المستقل في السراخس والنباتات الوعائية واللابذرية الأخرى


نباتات عروسية أنثوية مجهرية (n) في مخاريط إباضية
نبات بوغي (2n)، النبات الزهري (مستقل)
نباتات عروسية ذكرية مجهرية (n) داخل هذه الأجزاء من الأزهار
نباتات عروسية ذكرية مجهرية (n) في مخاريط طلعية
نباتات عروسية أنثوية مجهرية (n) داخل هذه الأجزاء من الأزهار
نبات بوغي (2n) (مستقل)
(c)

(c) النبات العروسي الضامر واعتماده على النبات البوغي في النباتات البذرية: مغلفات البذور وعارياتها. وخلافا للنباتات البريوية ومعظم النباتات الوعائية اللابذرية تمتلك النباتات البذرية النموذجية نباتات عروسية مجهرية

الشكل رقم **1:8**

مقارنة العلاقات بين النبات البوغي والنبات العروسي في النباتات البريوية والوعائية اللابذرية (التريدية) والبذرية.

جامعة دمشق
Damascus University

- **تغاير البوغية قانون يحكم النباتات البذرية:**

مر معنا سابقاً أن جميع النباتات اللابذرية تقريباً متجانسة البوغية Homosporous (ينتج عنها نوع واحد من الأبواغ، يؤول عادةً إلى نبات عروسي ثنائي الصفات الجنسية). ثم أصبحت النباتات البذرية أو أسلافها عند نقطة ما، متغايرة البوغية Heterosporous (ينتج عن المباغات الكبرية Megasporangia في الأوراق البوغية الكبرية Megasporophylls أبواغ كبيرة تؤول إلى نباتات عروسية أنثوية، فيما ينتج عن المباغات الصغرية Microsporaangia في الأوراق البوغية الصغرية Microporophylls أبواغ صغيرة تؤول إلى نباتات عروسية ذكرية).

- **البييضات وإنتاج البيوض:**

تتفرد النباتات البذرية باستبقاء البوغ الكبري Megaspore داخل النبات البوغي الأم شكل رقم (1:8 –c)، وتحاط الأبواغ الكبيرة في عاريات البذور بلحافة واحدة، بينما تحيط لحافتان بتلك التي لمغلفات البذور. تطلق تسمية البُييضة الشكل رقم (2:8 – a) على مجمل البنية. ويتطور داخل كل بُييضة Ovule ، نبات عروسي أنثوي، ينتج عنه بيضة كروية Oosphere أو أكثر .

- **الطلع وإنتاج النطاف:**

تتطور الأبواغ الصغيرة إلى حبات الطلع Pollen Grains، والتي تحوي النباتات العروسية الذكرية للنباتات البذرية. يقي حبات الطلع معطف قاسٍ يحوي مكثور السبوروبولينين، وبفضله، يمكن لحبات الطلع أن تنتقل بعيداً عن نباتها الأم، محمولةً بالرياح، أو بالحشرات بعملية التأبير Pollination. فإذا ما أنتشت حبة الطلع آلت إلى أنبوب طلعي تسعى منه نطفتان نحو النبات العروسي الأنثوي ضمن البُييضة شكل (2:8 – b) .

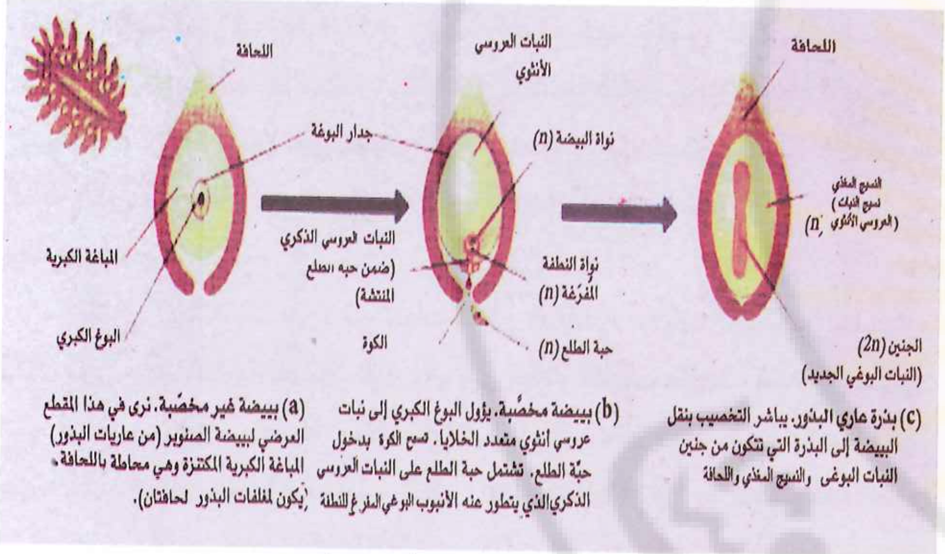
نعلم أن نطاف النباتات البريوية والنباتات الوعائية اللابذرية كالسراخس، ذات سياط ، بينما تكون نطاف بعض أنواع عاريات البذور ذات سياط ، أما مغلفات

البذور فجميع نطافها دون سياط، لأنها لا تحتاج إلى الحركة والماء حيث يُحمل الطلع إلى أنبوب طلعي يعمل على نقل النطفة إلى البُييضة.

- **تكون البذرة:**

يبين الشكل (c – 2:8) تطور كامل البُييضة إلى بذرة Seed تتألف من جنين ومعه النسيج المغذي، يحيط بهما معطف واق هو اللحافة (أو اللحافتان). إن من شأن تطور البذور أنه يُمَكّن النباتات التي تحملها من مقاومة أفضل للبيئات القاسية، ونشر ذراريها على نطاق أوسع.

خلافاً للبوغة التي هي خلية مفردة، تعتبر البذرة بنية عديدة الخلايا تفوق البوغة مقاومة وتعقيداً، وتستمد معطفها الواقي من لحافة البُييضة (أو لحافاتها). وقد تبقى البذرة من بعد أن تنطلق من النبات الأم في سبات أياماً أو أشهراً، أو حتى سنوات. ثم تتمكن – عندما تسمح الظروف – أن تنتش بنبات بوغي ينبثق كالشتلة.


اللحافة
جدار البوغة
المباغة الكبرية
البوغ الكبري
النبات العروسي الذكري
(ضمن حبه الطلع
المنتشة)
الكوة
النبات العروسي
الأنثوي
نواة البيضة (n)
نواة النطفة
المفرَغة (n)
حبة الطلع (n)
اللحافة
النسيج المغذي
نسيج النبات
(العروسي الأنثوي n)
الجنين (2n)
(النبات البوغي الجديد)

(a) بييضة غير مخصَّبة. نرى في هذا المقطع العرضي لبييضة الصنوبر (من عاريات البذور) المباغة الكبرية المكتنزة وهي محاطة باللحافة. (يكون لمغلفات البذور لحافتان).

(b) بييضة مخصَّبة. يؤول البوغ الكبري إلى نبات عروسي أنثوي متعدد الخلايا. تسمح الكوة بدخول حبّة الطلع. تشتمل حبة الطلع على النبات العروسي الذكري الذي يتطور عنه الأنبوب البوغي المفرغ للنطفة

(c) بذرة عاري البذور. يباشر التخصيب بنقل البييضة إلى البذرة التي تتكون من جنين النبات البوغى والنسيج المغذي واللحافة

الشكل 2:8 من البيضة إلى البذرة

تحمل عاريات البذور وبذورها " العارية" في مخاريط:

علمنا أن عاريات البذور Gymnosperms هي نباتات ذات بذور عارية لا تكتنفها المبايض Ovaries ، إذ تكون بذورها مكشوفةً في أوراق مُحورة تأخذ عادةً

شكل المخاريط (أكواز Strobili) وفي المقابل تكون بذور مغلفات البذور Angiosperm مكتنفة في ثمار ما هي إلا مبايض ناضجة. ومن بين عاريات البذور هناك أنواع كثيرة معروفة من الصنوبريات Conifers (أو الأشجار الحاملة للمخاريط) بما في ذلك الصنوبر Pine ، والتّنوب Fir، والجبّار (الشجر الأحمر) Redwood . ومن أصل الشعب النباتية العشر التي وردت في المخطط التصنيفي الذي اعتمده هذا الكتاب (انظر الجدول 1:6)، هناك أربعة منها عارية البذور.

صنفت النباتات البذرية سابقاً إلى شعبتين هما:

1- عاريات البذور Gymnosperms.

2- مغلفات البذور Angiosperms.

وذلك استناداً إلى الصفة الأساسية للبذرة.

وتصنف حالياً حسب كامبل 2008 إلى ثلاث شعب تربطها علاقات سلالية نشأت في أثناء تطورها عبر الأحقاب الجيولوجية (شكل رقم 3:8) :

1- تحت شعبة المخروطيات Coniferophyta أو الصنوبريات Pinicae.

2- تحت شعبة السيكاديات Cycadophyta.

3- تحت شعبة مغلفات البذور Angiospermae أو الماغنوليية Magnoliophytina.

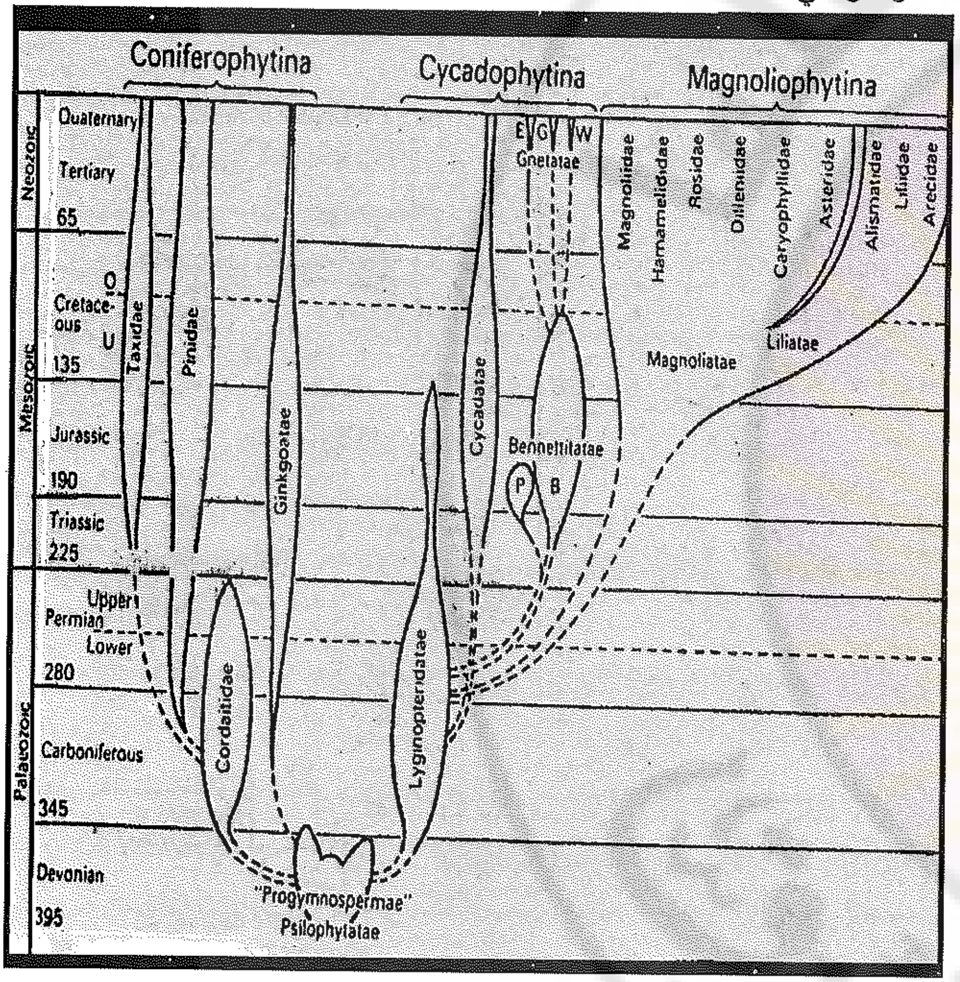
وقد لاحظنا سابقاً (جدول رقم 1:6) أن عاريات البذور قد وضعت في أربع شعب وهي:

شعبة النباتات الجنكوية Ginkgophyta، وشعبة النباتات السيكادوية ، Cycadophyta ، وشعبة النباتات الغنيتوية Gnetophyta ، وشعبة النباتات الصنوبرية Coniferophyta . وتبقى العلاقة بين هذه الشعب الأربع يكتنفها الغموض.

8-2 التكاثر في عاريات البذور:

إن دراسة مثالين من عاريات البذور أحدهما بدائي هو الجنكو يرجع ظهوره إلى العصر البرمي ، ولكنه انتشر بكثرة خلال العصر الترياسي والجوراسي والثاني

متطور هو الصنوبر Pin ، واسع الانتشار حالياً سيسمح لنا بدراسة الصفات العامة للتكاثر الجنسي في عاريات البذور، بالإضافة إلى دراسة الأعضاء التكاثرية المميزة لجميع النباتات الزهرية Phanerogams مثل حب الطلع Pollen ، والبويضة Ovule ، والبذرة غير المحاطة تماماً بأي غلاف، والتي تتشكل على السطح العلوي لعضو حرشفي .


Coniferophytina
Cycadophytina
Magnoliophytina
Neozoic
Mesozoic
Palaeozoic
Quaternary
Tertiary
65
Cretaceous
O
U
135
Jurassic
190
Triassic
225
Upper
Permian
Lower
280
Carboniferous
345
Devonian
395
Taxidae
Pinidae
Ginkgoatae
Cordaitidae
Lyginopteridatae
Cycadatae
E
G
W
Gnetatae
Bennettitatae
P
B
Magnoliidae
Hamamelididae
Rosidae
Dilleniidae
Caryophyllidae
Asteridae
Alismatidae
Liliidae
Arecidae
Magnoliatae
Liliatae
"Progymnospermae"
Psilophytatae

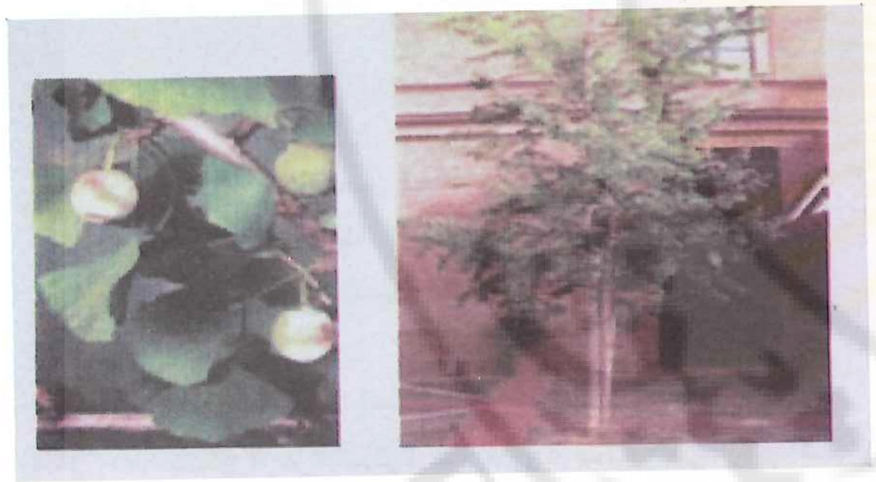
الشكل رقم 3:8

التصنيف السلالي الفرضي الذي يوضح العلاقة بين تحت شعب النباتات البذرية وتطورها عبر الأحقاب الجيولوجية

أ- التكاثر عند نوع بدائي- الجنكوبيلوبا *Ginkgo biloba* :

الجنكو بيلوبا هو النوع الوحيد المتبقي من شعبة النباتات الجنكوية وهو عبارة عن شجرة كبيرة مجهزة بأغصان قصيرة وأخرى طويلة، مازالت تعيش بالحالة الطبيعية في بعض المناطق الجبلية الصينية (شنغهاي بشكل خاص) حول المعابد القديمة في مساحة لا تتجاوز المئة كم ، وما عدا ذلك فإن الجنكو هو من أشجار الزينة الشائعة في المدن، إذ يتحمل ملوثات الجو بشكل جيد، كما يزرع للقيمة التاريخية التي يحتلها في العالم النباتي، إذ يمثل مستحاثة حية درست بدقة وأصبحت معظم صفاته معروفة تماماً.

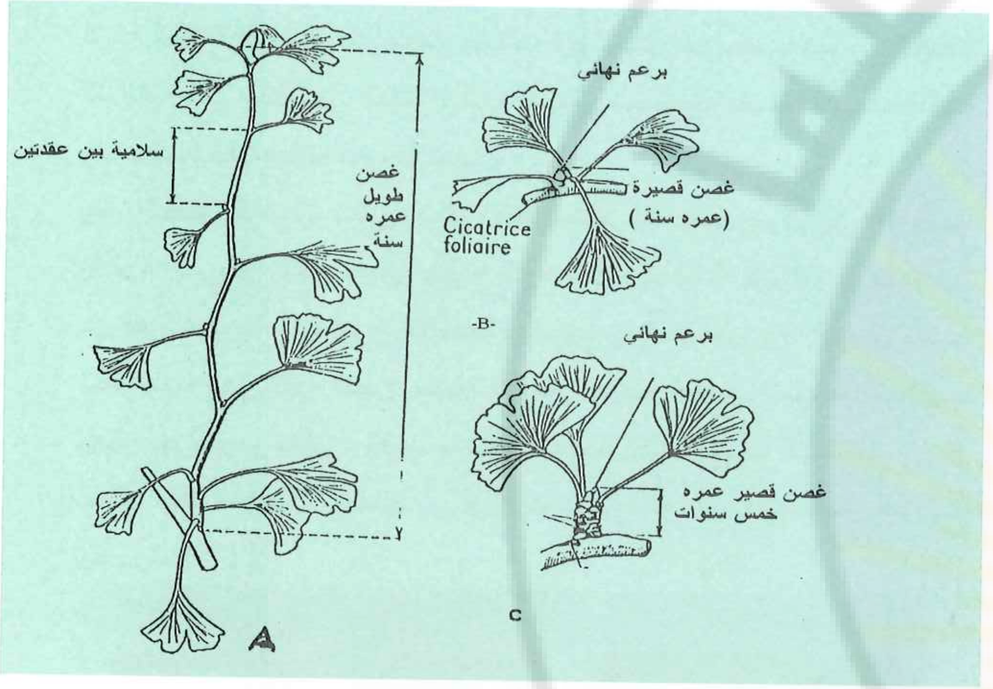
يتميز الجنكو بأنه نبات ثنائي المسكن، يتمثل بشجرة قد يصل طولها إلى 40 متر وقطرها إلى متر واحد، جذعها يتفرع بكثرة شكل رقم (4:8)، وتتميز بنوعين من الفروع طويلة ذات أوراق متباعدة، وقصيرة متراصة الأوراق. الأوراق تأخذ شكلاً كلوياً وهي ثنائية الفص، طويلة المعلاق، عديمة العصب المتوسط، معلاقها مجهّز بحزمتين وعائيتين، وقرصها مجهز بعصيبات ثنائيات التشعب. أوراق الجنكو ساقطة، وغالباً ما تسقط أوراق الأغصان المذكرة قبل الأغصان المؤنثة شكل رقم (5:8) .



الشكل رقم 4:8

الشكل العام لشجرة الجنكو مع تكبير للأوراق والبويضات

تتميز بنية الجذع والأغصان باحتوائها على بنية ثانوية، حيث يحتل الخشب مكانة هامة. والخشب متجانس ويحوي فقط على أوعية ناقصة هالية الثقوب، تتوضع ثقوبها على الجدران الشعاعية في صفين متقابلين أو متناوبين. أما القشرة والمخ في الأغصان الفتية فتحوي غالباً على فجوات مخاطية ومواد عفصية وبلورات من حماضات الكالسيوم.


سلامية بين عقدتين
غصن طويل عمره سنة
A
برعم نهائي
غصن قصيرة (عمره سنة)
Cicatrice foliaire
-B-
برعم نهائي
غصن قصير عمره خمس سنوات
C

الشكل رقم 5:8

الشكل العام للأغصان في الجنكو بيلوبا *Ginkgo biloba*

A- الأغصان الطويلة. B- الأغصان القصيرة (عمرها سنة).

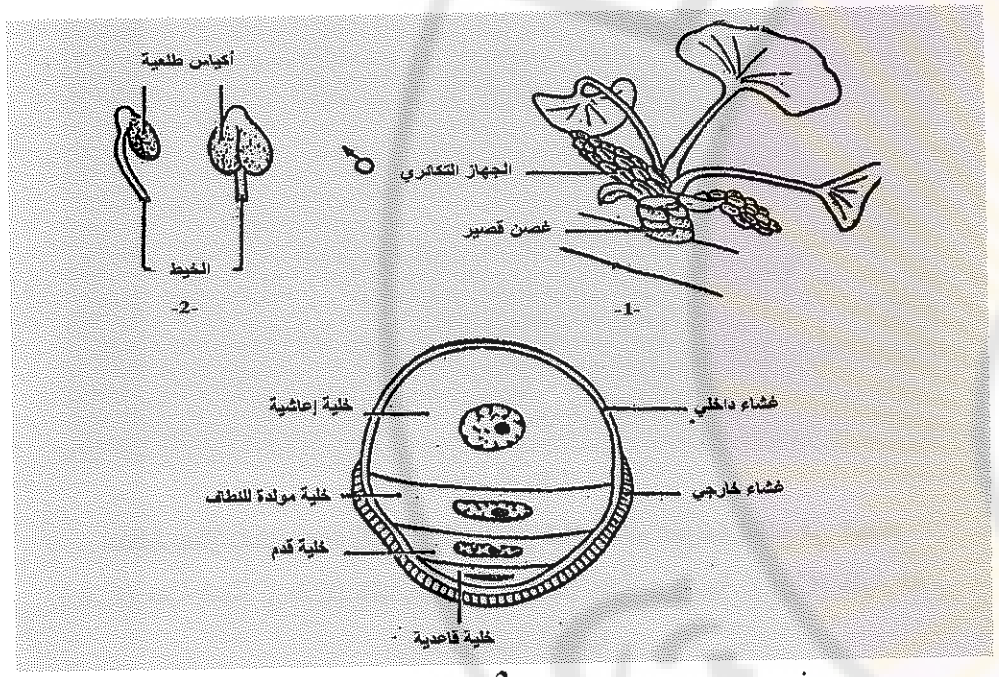
C- الأغصان القصيرة (عمرها خمس سنوات)

1- الجهاز التكاثري الذكري: السداة وحب الطلع:

تتشكل الزهرة المذكرة على الفروع القصيرة في الربيع، في إبط الأوراق العلوية وتأخذ شكل هريرات تتألف من عدد كبير من الأسدية المتوضعة على محور الهريرة توضعاً لولبياً شكل رقم (6:8 -1). كما

تتألف السداة من خيط قصير يحمل عدداً من الأكياس الطلعية يتراوح بين 2–5 كيس شكل رقم (6:8 –2). تتفتح الأكياس الطلعية في الجنكو بوساطة طبقة آلية داخلية وتخرج منها حبات الطلع التي تنتشر بوساطة الرياح.

تتألف حبة الطلع التي يتراوح قطرها بين 25–30 ميكرون من أربع خلايا متتالية: خلية قاعدية، خلية القدم، خلية مولدة للنطاف، خلية إعاشية أكبر حجماً من الخلايا الأخرى، شكل رقم (6:8 –3). وتحاط هذه الخلايا الأربع بطبقتين، إحداهما داخلية من طبيعة سللوزية وأخرى خارجية من طبيعة الأبواغ الطلعية نفسها.


أكياس طلعية
الجهاز التكاثري
غصن قصير
الخيط
-2-
-1-
خلية إعاشية
غشاء داخلي
خلية مولدة للنطاف
غشاء خارجي
خلية قدم
خلية قاعدية

-3-

شكل رقم 6:8

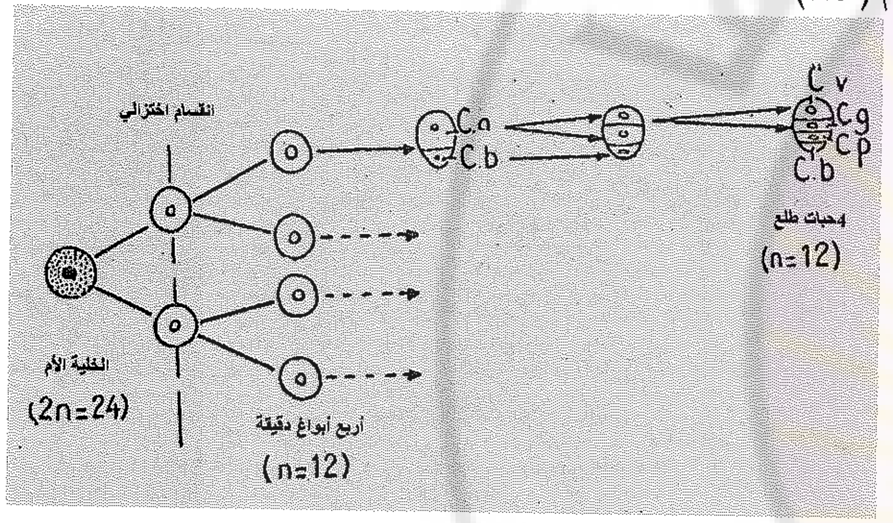
الجهاز التكاثري الذكري في الجنكو

1– الشكل العام للهريرات

2– السداة المعزولة (الخيط والأكياس الطلعية).

3– الشكل العام لحبة الطلع في الجنكو.

أما تشكل حب الطلع فيتم اعتباراً من الخلايا الأم المولدة للطلع الموجودة في الأكياس الطلعية للمئبر الفتي. والتي تحوي ضمن نواتها /24/ صبغياً وتكون ثنائية الصيغة الصبغية Diploides . تعاني هذه الخلايا من انقسام منصف ينتج عنه أربع خلايا أحادية الصيغة الصبغية (1n) تمثل الأبواغ الدقيقة Microspores التي تتطور داخل الكيس الطلعي نفسه وتعطي بعد عدة انقسامات متتالية حبات طلع نموذجية تحوي /12/ صبغياً وتشبه بذلك جميع حبات الطلع في النباتات البذرية شكل رقم (7:8) .



شكل رقم 7:8

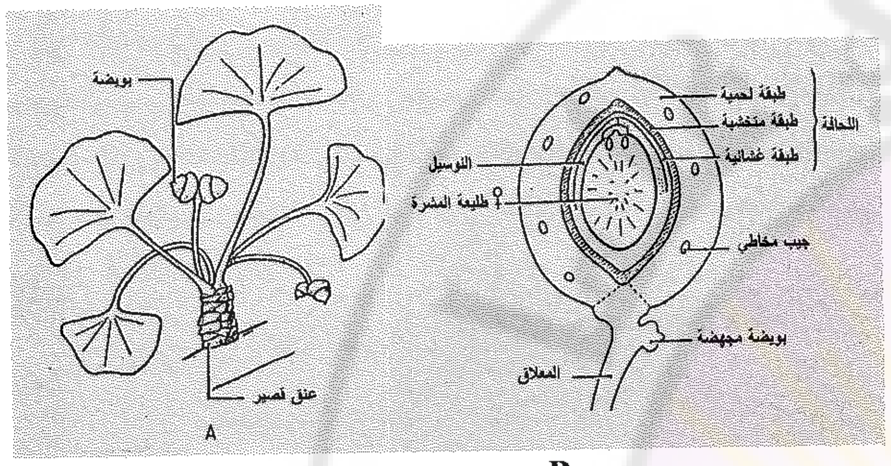
مخطط يمثل تشكل حبات الطلع اعتباراً من الخلية الأم المولدة للطلع في الجنكو

(C.a) خلية قمية. (C.b) خلية قاعدية. (C.g) خلية عروسية. (C.p) خلية القدم. (C.v) خلية إعاشية.

2- الجهاز التكاثري الأنثوي: البويضات:

تتشكل الزهرة المؤنثة على الفروع القصيرة تماماً كما هي الحال في الزهرة المذكرة وفي الفترة نفسها. فنلاحظ في إبط الورقة معلاق ينتهي ببويضتين يحيط بكل منهما حلقة تسمى القدح (شكل رقم 8:8 – A). تنمو

البويضات التي تكون صغيرة جداً في الربيع حتـــى تـــصبح كبيـــرة الحجـــم وناضجة في الصيف وتتألف على المقطع الطولي (شكل رقم 8:8 – B) من الأجزاء التالية اعتباراً من المحيط نحو الداخل:


بويضة
عنق قصير
A
طبقة لحمية
طبقة متخشبة
طبقة غشائية
اللحافة
النوسيل
♀ طليعة المشرة
جيب مخاطي
بويضة مجهضة
المعلاق

-A- -B-

شكل رقم 8:8

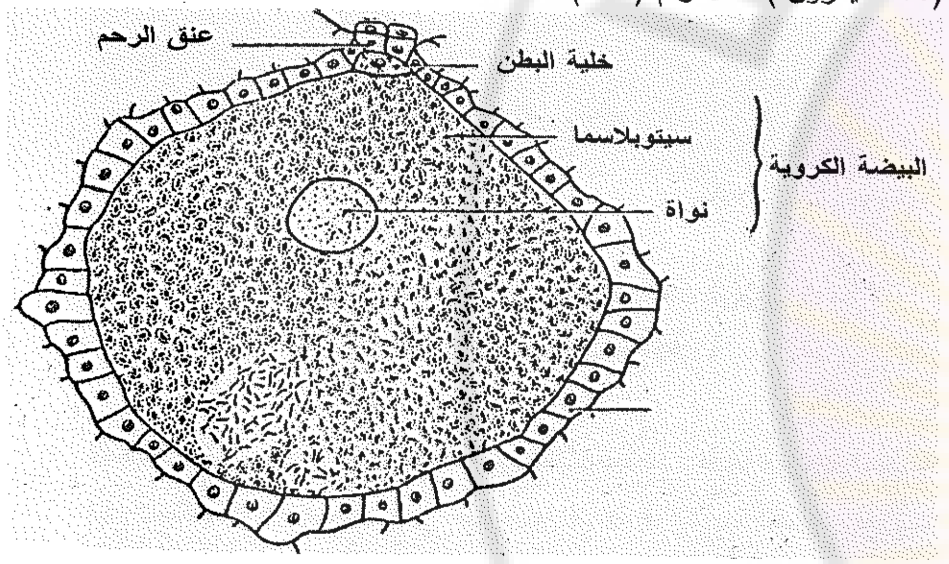
A– غصن يحمل البويضات في الجنكو في فصل الربيع.

B– مقطع طولي في البويضة الناضجة.

- **اللحافة:** وهي وحيدة وثخينة وتتألف من ثلاث طبقات : طبقة خارجية لحميـــة تبلغ سماكتها (5–6ملم)، وهي عبارة عن خلايا بارانشيمية تحـــوي جيوبـــاً مخاطية وتغطيها من الخرج طبقة من خلايا البشرة الغنية باليخضور. وطبقـــة متوسطة متخشبة تبلغ سماكتها حوالي (0.5ملـــم). وطبقـــة داخليـــة رقيقـــة غشائية وتلتصق تماماً بالطبقة المتوسطة.
- **النوسيل** أو النسيج المغذي: الذي تبلغ سماكته حـــوالي (0.3 ملـــم) ، لونـــه أبيض عاجي، وذو بنية عصيرية ويتميز بشكل واضح في الجزء العلوي مـــن البويضة بينما يلتحم معها في جزئه السفلي.
- **الـــسويداء** أو طليعة المشرة المؤنثة Prothalle: التي تـــشكل كتلـــة تبلـــغ سماكتها (1–1.3 سم)، لونها أخضر لأنها عبارة عـــن خلايـــا بارانـــشيمية

يخضورية بالرغم من تشكلها بعيداً عن الضوء، وتحوي على مدخرات بشكل حبات نشاء أو قطيرات شحمية.

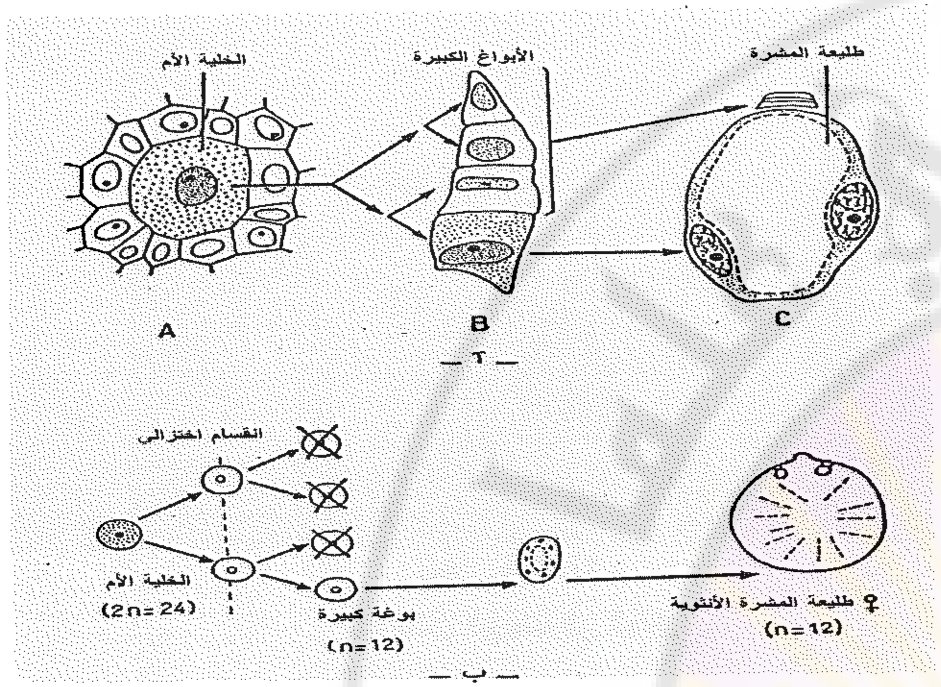
يعلو طليعة المشرة منقار يأخذ لوناً بنياً وبنية قاسية، تتوضع على طرفيه الأرحام التي غالباً ما تكون 2 وأحياناً 3 أو 4. ويعلو المنقار الحجرة الطلعية التي نجد على طرفيها الأنابيب الطلعية. يتألف كل رحم من عنق رباعي الخلايا وخلية البطن، وخلية البيضة الكروية Oosphere التي تكون كبيرة الحجم وتحوي ضمن السيتوبلاسما على مكتنفات متعددة وعلى نواة كبيرة الحجم أيضاً يبلغ قطرها حوالي (100 ميكرون) شكل رقم (9:8).



شكل رقم (9:8)

الشكل العام للرحم في الجنكو

أما تشكل البويضة فيتم اعتباراً من الخلية الأم المولدة للسويداء (2N) والتي تحوي ضمن نواتها /24/ صبغياً أيضاً. تعاني هذه الخلية من انقسام منصف ينتج عنه أربع خلايا أحادية الصيغة الصبغية تمثل الأبواغ الكبيرة Megaspore تبقى السفلى منها وتتطور بينما تضمحل الثلاث الأخرى (شكل رقم 10:8 – آ أو ب).


الخلية الأم
الأبواغ الكبيرة
طليعة المشرة
A
B
C
— آ —
انقسام اختزالي
الخلية الأم
(2n=24)
بوغة كبيرة
(n=12)
♀ طليعة المشرة الأنثوية
(n=12)
— ب —

شكل رقم 10:8

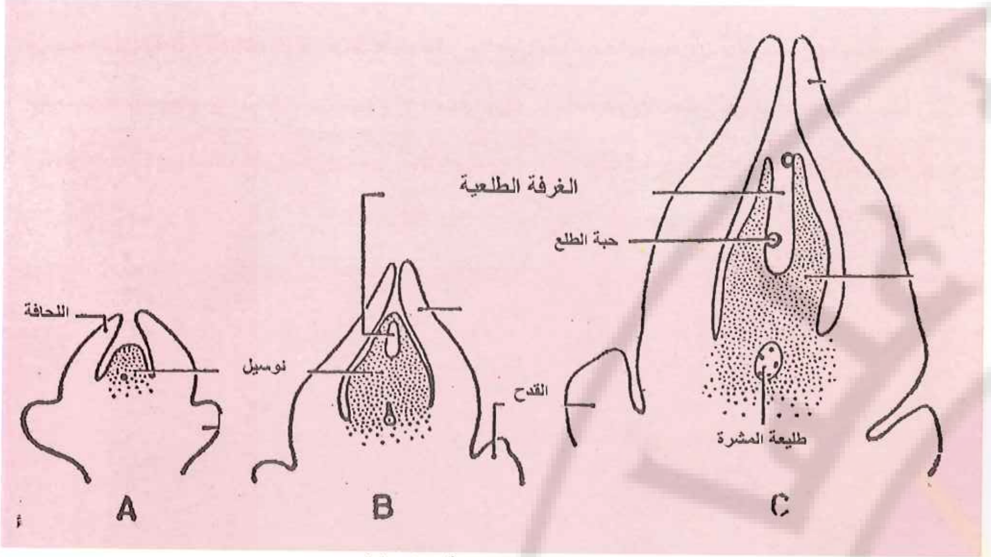
أ- تشكل طليعة المشرة الأنثوية في الجنكو اعتباراً من الخلية الأم

ب- مخطط يمثل طريقة الانقسام والتطور.

ثم تتمايز الأرحام داخل البويضة، ويتشكل الرحم الناضج اعتباراً من الربيع وحتى الصيف. أما بقية السويداء فتدخر حبات النشاء والقطيرات الدهنية، حيث نلاحظ في جنس الجنكو *Ginkgo* تكدس المدخرات قبل الإلقاح بعكس بقية النباتات عاريات البذور الأكثر تطوراً والتي يحدث التكدس فيها بعد الإلقاح.

3- التأبير والإلقاح:

يحدث التأبير Pollination بانتقال حبات الطلع في الربيع بوساطة الرياح، حيث تكون البويضات على الفروع الأنثوية ما زالت تحتوي على النوسيل المعلق في الحجرة الطلعية. تقع حبات الطلع على الكوة ثم في الحجرة الطلعية التي تفرز مواداً مخاطية تعمل على لصق حبات الطلع على الجدار الداخلي للحجرة الطلعية شكل رقم (11:8).

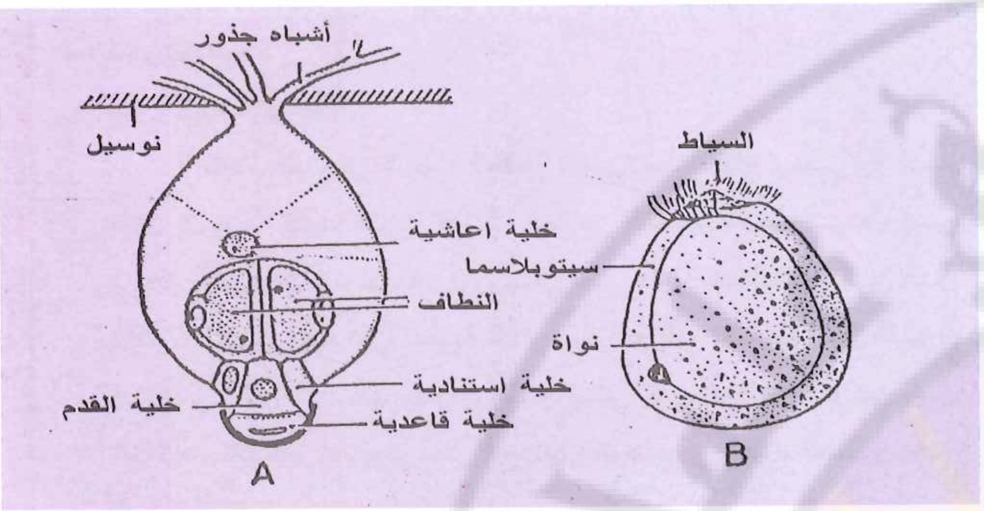


شكل رقم 11:8

بدء تشكل البويضة في الجنكو

يبدأ إنتاش حبة الطلع بتشكل الأنبوب الطلعي اعتباراً من الخلية الإعاشية وامتداده داخل النوسيل وتثبيته بوساطة أشباه جذور (شكل رقم 12:8 –A و 13:8). أما الخلية المولدة للنطاف فتنقسم لتعطي خلية استنادية وخلية نطفية لا تلبث أن تنقسم في آخر الصيف إلى نطفتين (شكل رقم 12:8 –A) متحركتين بوساطة مجموعة من الأهداب أو السياط. إن انقسام الخلية النطفية لا يحدث إلا قبل وقت قصير من الإلقاح. أما النطفة نفسها فتكون بيضوية الشكل، تتراوح أبعادها بين (30–35) ميكرون وتحتوي على نواة كبيرة الحجم يبلغ قطرها حوالي (25) ميكروناً (شكل رقم 12:8 –B).

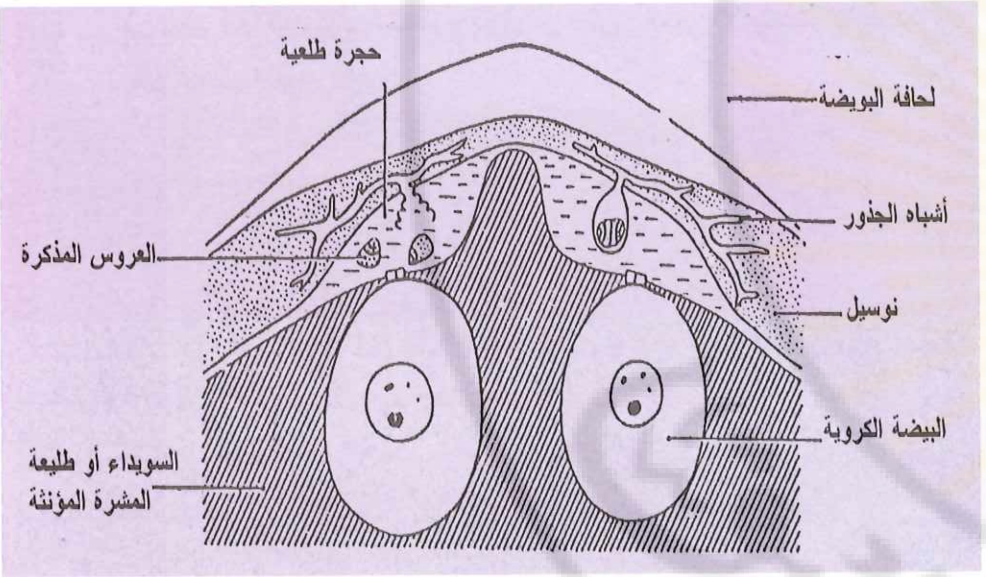
تغلق الحجرة الطلعية بعد التأبير، ويجري الإلقاح بنمو الأنبوب الطلعي داخل النوسيل، وامتلاء الحجرة الطلعية بسائل الإلقاح الذي يساعد على سباحة النطاف ووصول واحدة فقط إلى البيضة الكروية وتلقيحها (شكل رقم 13:8). وبذلك تتشكل البيضة الملقحة التي تتطور وتعطي نبات جنكو جديد مذكر أو مؤنث.


أشباه جذور
نوسيل
خلية اعاشية
سيتوبلاسما
النطاف
نواة
خلية استنادية
خلية القدم
خلية قاعدية
A
السياط
B

شكل رقم 12:8

(A)- أجزاء الأنبوب الطلعي في الجنكو.

(B)- نطفة الجنكو.


حجرة طلعية
لحافة البويضة
أشباه الجذور
العروس المذكرة
نوسيل
البيضة الكروية
السويداء أو طليعة
المشرة المؤنثة

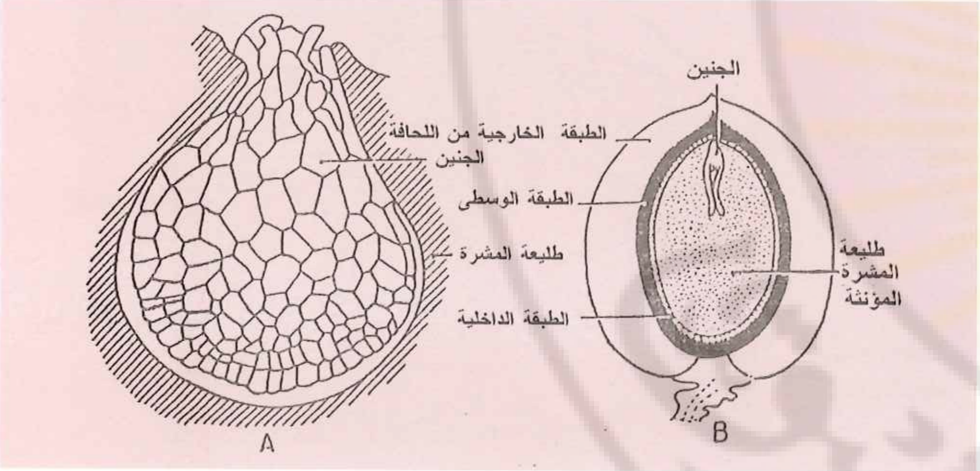
شكل رقم 13:8

مخطط لقمة البويضة في الجنكو عند انطلاق الأعراس المذكرة.

4- تكون الجنين:

تطور البيضة الملقحة:

تنقسم النواة في البيضة الملقحة مباشرة بعد الإلقاح وهي مازالت داخل البويضة القديمة للنبات المؤنث عدداً من الانقسامات حتى تصل إلى مرحلة تضم (256) نواة، لكن دون تشكل جدر خلوية تفصلها بعضها عن بعض، ثم تتشكل الحواجز الخلوية البكتو سيللوزية التي تفصل بين النوى (شكل رقم 14:8 – A)، ويتكون طليعة الجنين الذي نميز فيه نوعين من الخلايا: خلايا كبيرة، تحوي على فجوات، وتتوضع في الجزء العلوي من البيضة الملقحة، وخلايا صغيرة ميريستيمية، تتوضع في الجزء السفلي من هذه البيضة، وهي التي ستعطي الجنين فيما بعد. والجنين هنا ثنائي الفلقات، لا يحوي على معلق متمايز، وإنما يتمايز فيه الجذير والسويقة (شكل رقم 14:8 – B). تسقط البويضة في فترات تختلف باختلاف المنطقة والمناخ التي ينمو فيها الجنكو. ونستطيع القول أن تطور الجنين لا يحدث إلا بعد أن تسقط البويضة فوق التربة.


الجنين
الطبقة الخارجية من اللحافة
الجنين
الطبقة الوسطى
طليعة المشرة
طليعة المشرة المؤنثة
الطبقة الداخلية
A
B

شكل رقم 14:8

A– مرحلة الخلايا الجنينية غير المتمايزة في الجنكو.

B– مقطع طولي في البويضة الحاوية على جنين الجنكو.

يحدث الإنتاش بسرعة عند توافر الظروف الملائمة، فتقوم الفلقات بنقل المواد المغذية إلى البادرة. ويتطور الجير معطياً الجذر الأصلي القوي، بينما يخرج السويق من اللحافة حاملاً فوق الفلقات أوراقاً حرشفية، والأوراق التي تظهر بعد ذلك تأخذ بالتدريج شكل مراوح ذات فصين مميزة للورقة الكاملة في الجنكو.

5- حلقة حياة الجنكو:

يمكن إيجاز حلقة حياة الجنكو بالشكل رقم (15:8) الذي يوضح الشكل العام (A) وطريقة التكاثر من (G-B)، ثم تطور الجنين من (J-H) وإنتاش البذرة الناضجة (K).

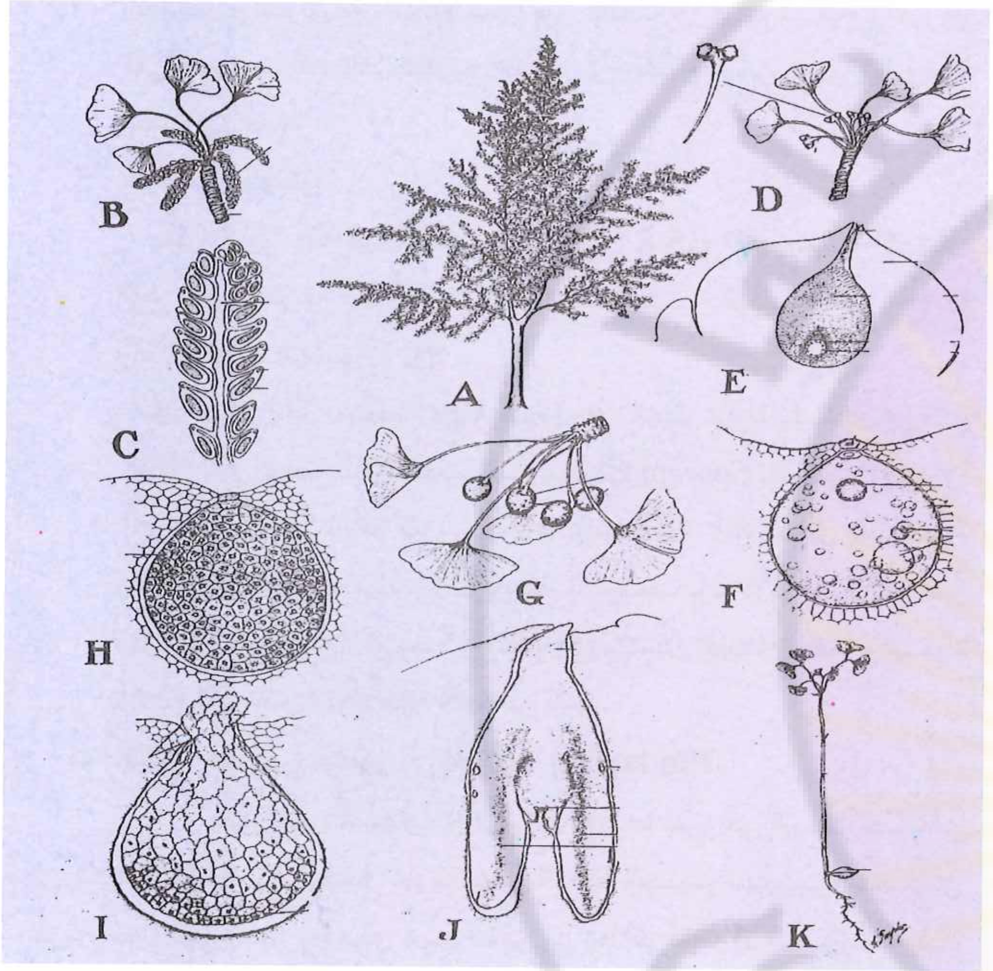
كما يمكن إيجاز مخطط تعاقب الأجيال في الجنكو بيلوبا بالشكل (رقم 16:8) الذي يوضح تمثل النبات البوغي Sporophyte بالنبات المورق (2n) الذي يحمل النبات العروسي Gametophyte (n) المتمثل بالبويضة والسداة التي تعاني خلاياهما الأم من انقسام منصف يولد الأعراس (البيضة الكروية وحب الطلع). ثم يحدث الإلقاح (F) وتتشكل البيضة الملقحة والبذرة (2n) التي تنتش وتعيد حلقة الحياة من جديد.

ت- التكاثر عند نوع متطور - الصنوبر Pin laricio:

يضم جنس الصنوبر حوالي (100) نوعاً تغزر في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، وهي أشجار طويلة عطرية دائمة الخضرة مجهزة بأغصان طويلة تحمل الحراشف، وأغصان قصيرة تنمو في إبط حراشف الأغصان الطويلة وتحمل أوراقاً إبرية، دائمة الخضرة، تسقط في بعض الأنواع بعد (2-7) سنوات، وفي بعضها الآخر بعد (8-14) سنة، تاركة ندبة مسطحة بعد سقوطها.

يتميز الجذر في الصنوبر بأنه عبارة عن جذر وتدي ضخم يؤمن تثبيت الجذع في التربة ويضاف له في بعض الأنواع جذور جانبية مما يؤكد تأقلم هذا النبات مع البيئات الجافة. كما تجدر الإشارة إلى تعايش بعض الفطريات مع عدد كبير من أنواع

الصنوبر تتمثل بشكل خاص في الميكوريزا Mycorrhizas الخارجية التي تحيط الجذور بمشجيتها وتؤمن لها التغذية الآزوتية.

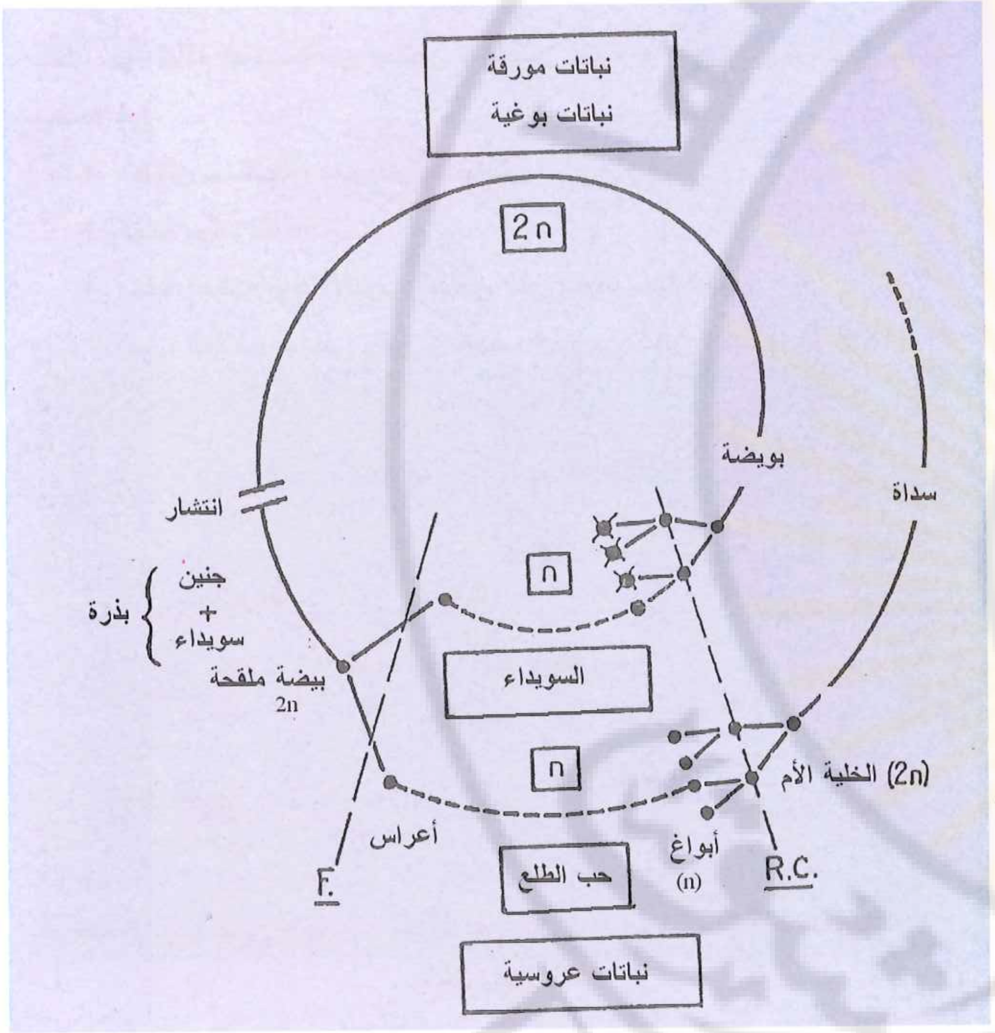


شكل رقم 15:8

حلقة حياة الجنكو *Ginkgo biloba*

(A) الشكل العام. (B) غصن يحمل الأزهار المذكرة (هريرات سدوية).(C) ترتيب الأسدية بشكل لولبي في الهريرة. (D) غصن يحمل الأزهار المؤنثة. (F,E) تطور البويضة والإلقاح. (G) غصن يحمل البذور. (J,I,H) تشكل الجنين وتطوره. (K) إنتاش البذرة.

أما الأعضاء التكاثرية فهي محمولة على الشجرة نفسها بشكل مخاريط ذكرية أو أنثوية. وغالباً ما تظهر المخاريط الذكرية على الأغصان العالية في وقت مبكر. ثم تتبع بظهور المخاريط الأنثوية، ولذلك فالصنوبر نبات أحادي المسكن. ينتشر الصنوبر البروسي في المناطق الشمالية والساحلية في القطر العربي السوري بينما يزرع الصنوبر الحلبي في معظم أنحاء القطر.


نباتات مورقة
نباتات بوغية
2n
بويضة
سداة
انتشار
n
جنين
+
سويداء
بذرة
بيضة ملقحة
2n
السويداء
n
الخلية الأم (2n)
أبواغ
(n)
أعراس
F.
R.C.
حب الطلع
نباتات عروسية

شكل رقم 16:8

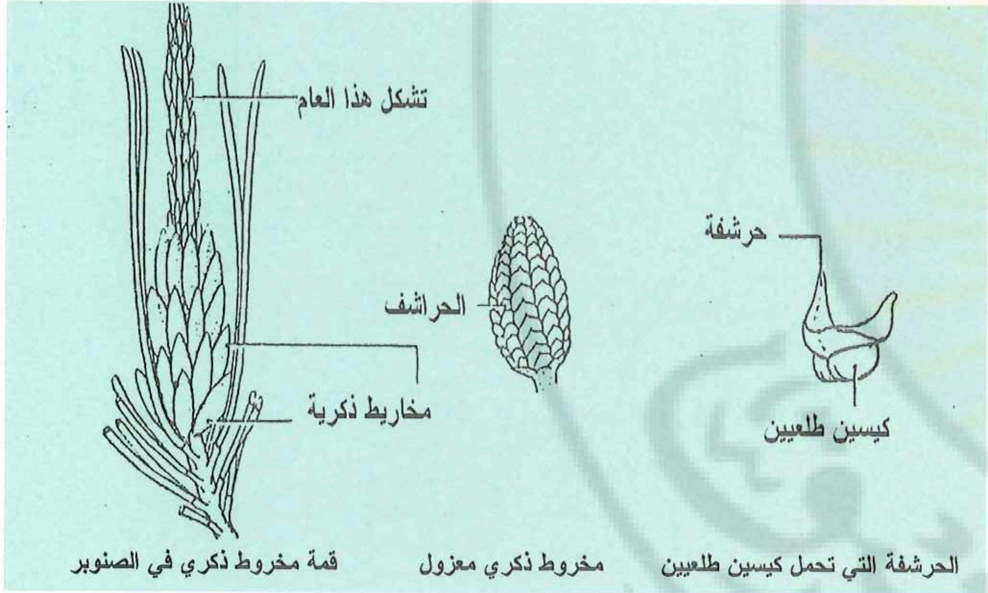
تعاقب الأجيال في الجنكو بيلوبا *Ginkgo biloba*

1- الجهاز التكاثري الذكري: السداة وحب الطلع:

يتألف المخروط الذكري من عدد من الحراشف السدوية، التي تنتظم على محور مخروطي بترتيب لولبي يشبه الحراشف المتوضعة على الأغصان الطويلة. تحمل الحرشفة السدوية على وجهها السفلي كيسين طلعيين ينفتحان طولياً عند النضج ويتحرر منها حب الطلع (شكل رقم 17:8). وبهذا يمكن اعتبار هذا المخروط الذكري المكون من محور يحمل الأسدية مماثلاً للزهرة المذكرة في مغلفات البذور. تتألف حبة الطلع الناضجة من جناحين مساعدين لانتشارها بالرياح. ومن أربع خلايا منصفة هي:

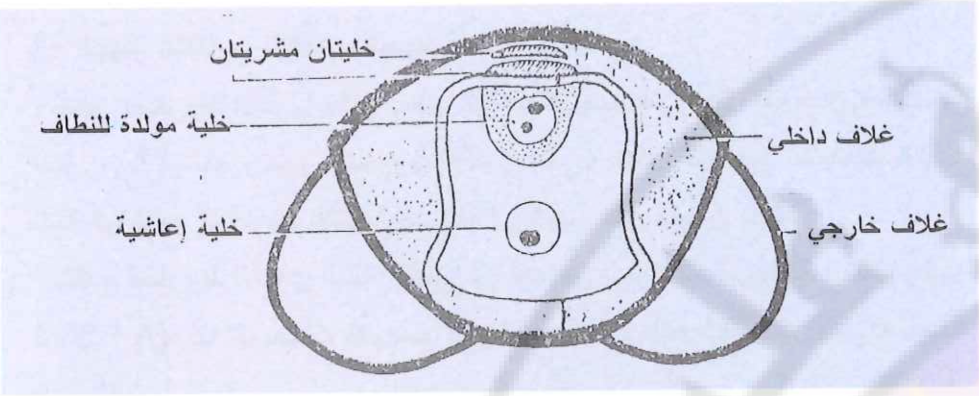
- خليتان مسطحتان مشريتان صغيرتان.
- خلية مولدة للنطاف.
- خلية إعاشية تولد الأنبوب الطلعي الذي يحيط بحبة الطلع.

ومن غلافين، الغلاف الداخلي رقيق والغلاف الخارجي ثخين (شكل رقم 18:8).



قمة مخروط ذكري في الصنوبر   مخروط ذكري معزول   الحرشفة التي تحمل كيسين طلعيين

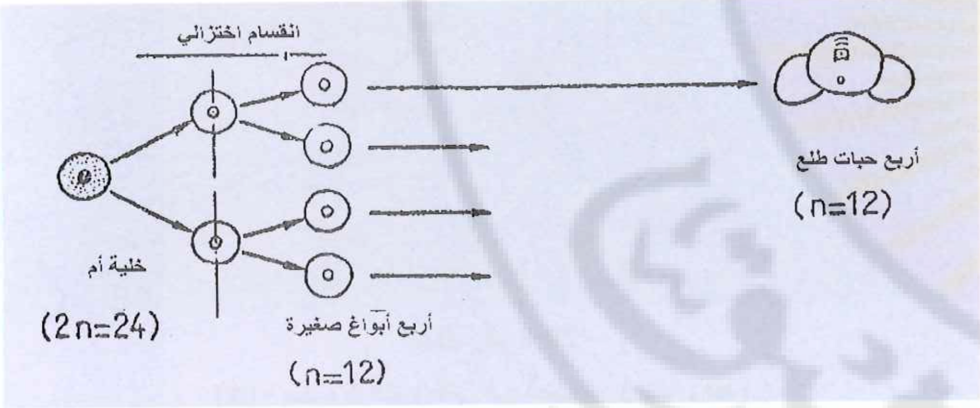
شكل رقم 17:8


خليتان مشريتان
خلية مولدة للنطاف
خلية إعاشية
غلاف داخلي
غلاف خارجي

شكل رقم 18:8

حبة الطلع الناضجة في الصنوبر

أما تشكل حبات الطلع فيتم كما هي الحال في الجنكو بيلوبا *G. biloba* اعتباراً من الخلايا الأم المولدة للطلع الموجودة في الأكياس الطليعية للمئبر الفتي والتي تكون ثنائية الصيغة الصبغية (2n) وتحوي على 24 صبغياً أيضاً. تعاني هذه الخلايا من انقسام منصف ينتج عنه أربع خلايا أحادية الصيغة الصبغية (n) تمثل الأبواغ الدقيقة Microspores التي تتطور داخل الكيس الطلعي نفسه، وتعطي بعد عدة انقسامات متتالية حبات طلع نموذجية تحوي (12) صبغياً (شكل رقم 19:8).


انقسام اختزالي
خلية أم
(2n=24)
أربع أبواغ صغيرة
(n=12)
أربع حبات طلع
(n=12)

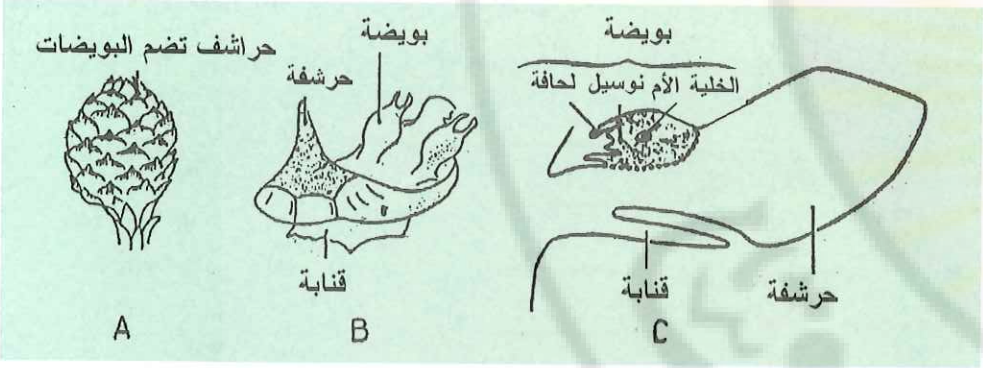
شكل 19:8

مخطط يمثل تشكل حبات الطلع في الصنوبر اعتباراً من الخلية الأم المولدة للطلع

2- الجهاز التكاثري الأنثوي: البويضات:

يظهر المخروط الأنثوي مكان بعض البراعم الإبطية التي تحتل قمة ساق محدودة النمو. وبما أن نمو وتطور المخروط الأنثوي بطيء بشكل عام، فإننا نلاحظ غالباً ثلاثة أنواع من المخاريط الأنثوية المختلفة في العمر على الغصن نفسه.

يتألف المخروط الأنثوي للسنة الأولى من عدد من الحراشف البويضية (شكل رقم 20:8 – A). أما البويضات فتتوضع على الوجه العلوي للحرشفة بشكل تتجه معه فتحة الكوة باتجاه المخروط، وبهذا فهي بويضة مقلوبة (شكل رقم 20:8 – C, B). كما أنها تحوي على لحافة ونوسيل تتوضع فيه الخلية الأم للأبواغ الكبيرة Megaspores (شكل رقم 20:8 –C) التي تعاني من انقسام منصف يؤدي إلى تشكل أربع خلايا، أحادية الصيغة الصبغية (n)، تضمحل ثلاث منها، بينما تتابع السفلية فقط تطورها فتنمو بشكل سريع وتتشكل فيها فجوة ضخمة. ثم لا تلبث أن تبدأ نواة هذه الخلية بالانقسام لإعطاء السويداء أو المشرة الأولية. وتتوقف عن الانقسام والتطور عندما يبلغ عدد النوى الحرة حوالي (30) نواة. وتبقى كذلك حتى السنة القادمة (شكل رقم 21:8).

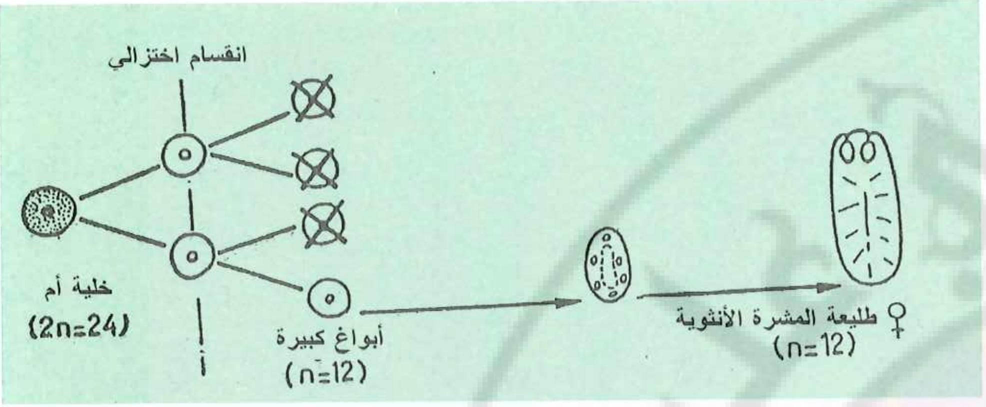


شكل رقم 20:8

(A)- مخروط أنثوي فتي في الصنوبر (سنة واحدة).

(B)- الحرشفة التي تحمل البويضة والقنابة.

(C)- وضع البويضة والقنابة بالنسبة للحرشفة.

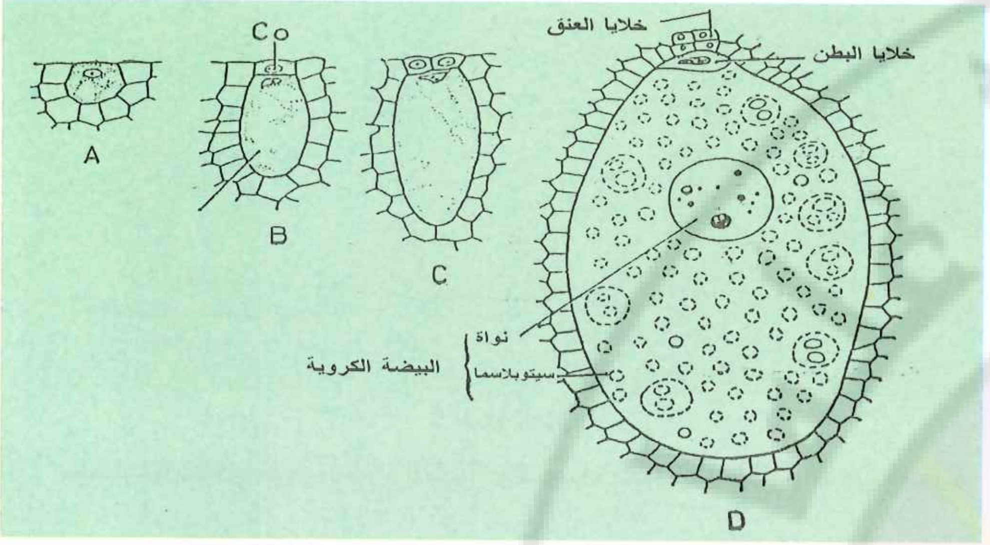


شكل 21:8

مخطط يمثل تشكل طليعة المشرة الأنثوية أوالسويداء اعتباراً من الخلية الأم في الصنوبر

وبعد انقضاء فصل الشتاء تعاود المشرة الأولية تطورها بتشكيل الجدر الخلوية بين النوى اعتباراً من المحيط حتى المركز، ثم تتمايز الأرحام من (2–3) في نهاية فصل الربيع للسنة الثانية. يتشكل الرحم اعتباراً من خلية سطحية قريبة من الكوة تمثل طليعة المشرة، تنقسم لتعطي خلية عنق الرحم التي تنقسم بدورها وتعطي أربع خلايا، وخلية مركزية تتوضع أسفل خلية عنق الرحم تأخذ بالنمو بشكل سريع حتى يصل حجمها إلى حوالي (600) ميكرون طولاً و(300) ميكرون عرضاً. إن هذا النمو لا يترافق بتطور الجهاز الفجوي كما هو معروف بالنسبة لنمو بقية الخلايا، بل هو نمو سيتوبلاسمي فقط يترافق بتجمع المدخرات المختلفة داخلها (شكل رقم 22:8).

تبدأ الخلية المركزية انقسامها بعد الانتهاء من نموها وتضخمها، لتعطي خليتين غير متماثلتين: خلية البطن الصغيرة والمسطحة، وخلية البيضة الكروية Oosphere التي تمثل العروس الأنثوية وتكون كبيرة الحجم. وبانتهاء الانقسام تهبط نواة البيضة الكروية إلى منتصف السيتوبلاسما وتصبح على استعداد تام للتلقيح.

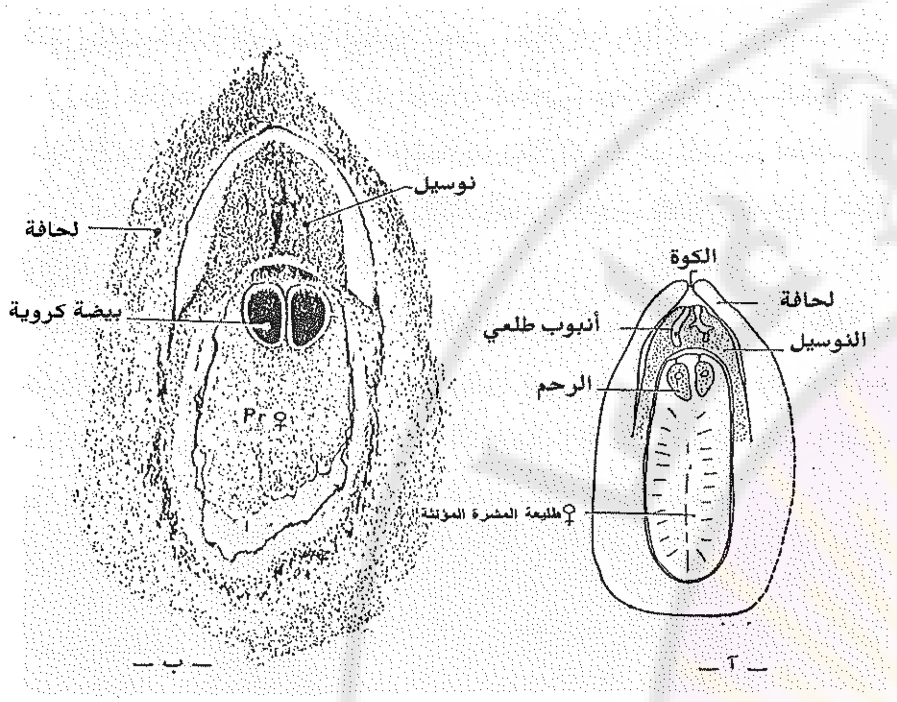


شكل رقم 22:8

تمايز الرحم في الصنوبر

تتألف البويضة الناضجة (نهاية السنة الثانية) على المقطع الطولي كما يوضح الشكل (رقم 23:8) من المحيط إلى الداخل من:

- **اللحافة:** وتتألف عند النضج من ثلاث طبقات: طبقة وسطى متخشبة، وطبقتان ماويتان إحداهما داخلية والأخرى خارجية. تحيط اللحافة بالنوسيل تاركة فتحة تمثل الكوة.
- **النوسيل:** وهونسيج عصيري مغذ، يحيط بطليعة المشرة الأنثوية، ويتميز بشكل واضح في الجزء العلوي من البويضة، بينما يلتحم معها في جزئه السفلي تماماً كما هي الحال في الجنكو.
- **السويداء Endosperme أو طليعة المشرة Prothalle المؤنثة:** التي تتوسط البويضة وتضم حوالي (30) نواة في حالة حرة، لا تفصلها أي جدر خلوية، بينما تتوضع الأرحام (2–3) في أعلاها.
- **الحجرة الطليعة:** التي نجد على طرفيها الأنابيب الطليعة، وتمثل الأثر الأخير لعدم التحام النوسيل باللحافة.


نوسيل
لحافة
بيضة كروية
Pr ♀
ـ ب ـ
الكوة
لحافة
أنبوب طلعي
النوسيل
الرحم
♀طليعة المشرة المؤنثة
ـ آ ـ

شكل رقم 23:8

مقطع طولي في البويضة الناضجة في الصنوبر (بعمر سنتين)

آ- مخطط للمقطع، ب- صورة بالمجهر الضوئي

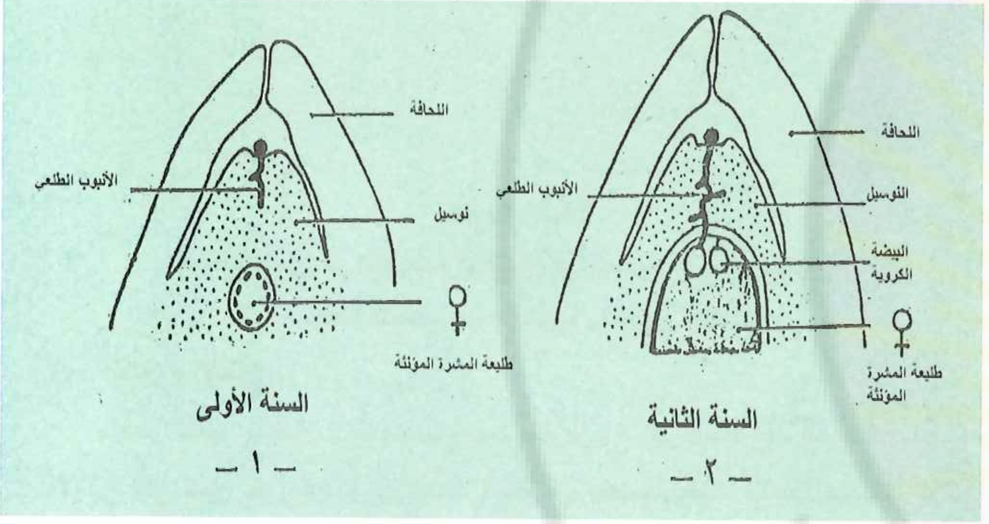
3- التأبير والإلقاح:

يحدث التأبير بانتقال حبات الطلع بوساطة الرياح إلى المخاريط المؤنثة للسنة الأولى التي تميل حراشفها إلى الابتعاد قليلاً عن بعضها بعضاً لاستقبال حبات الطلع، ويفرز نوسيل البويضة سائلاً هلامياً لاصقاً لحبات الطلع، وعندما يجف هذا السائل يسحب وراءه حبات الطلع إلى داخل البويضة، فتستقر في الحجرة الطليعة وتولد الأنابيب الطلعية خلال السنة الثانية.

يبدأ إنتاش حبة الطلع في السنة الأولى بتشكل الأنبوب الطلعي اعتباراً من الخلية الاعاشية. بينما تنقسم الخلية المولدة للنطاف لتعطي خلية استنادية وخلية نطفية أو عروسية. ثم يتابع الأنبوب الطلعي امتداده داخل نوسيل البويضة ساحباً معه نواة الخلية الاعاشية بينما تبقى الخلية العروسية في أعلاه. وبعد حوالي سنة من بدء

الإنتاش تنقسم الخلية العروسية النطفية لتعطي نطفتين (Sp_1) و (Sp_2). ثم تتحرر النوى من خلاياها وهي أربع: نواة الأنبوب الطلعي، نواة الخلية الاستنادية، ونواة النطفة الأولى، ونواة النطفة الثانية، وتتجه تدريجياً إلى طرف الأنبوب الطلعي. أما المشرة المؤنثة فإنها تتابع تطورها في أثناء تطور الأنبوب الطلعي السابق (شكل رقم 24:8).

يحدث الإلقاح عندما يصل الأنبوب الطلعي إلى الرحم، حيث تتمزق نهايته ويطلق محتوياته في الرحم، فتدخل نواة إحدى النطفتين إلى داخل البيضة الكروية وتلقحها، بينما تتلاشى النوى الثلاث الباقية (النواة الإعاشية، والاستنادية نواة النطفة الثانية). وبهذا تتكون البيضة الملقحة (2n) والتي تحوي على /24/ صبغياً.


اللحافة
الأنبوب الطلعي
نوسيل
♀
طليعة المشرة المؤنثة
السنة الأولى
— ١ —
اللحافة
الأنبوب الطلعي
النوسيل
البيضة الكروية
♀
طليعة المشرة المؤنثة
السنة الثانية
— ٢ —

شكل رقم 24:8

1- نمو الأنبوب الطلعي داخل البويضة في الصنوبر (السنة الأولى).

2- نموالأنبوب في السنة الثانية.

4- تكون الجنين وتشكل البذرة:

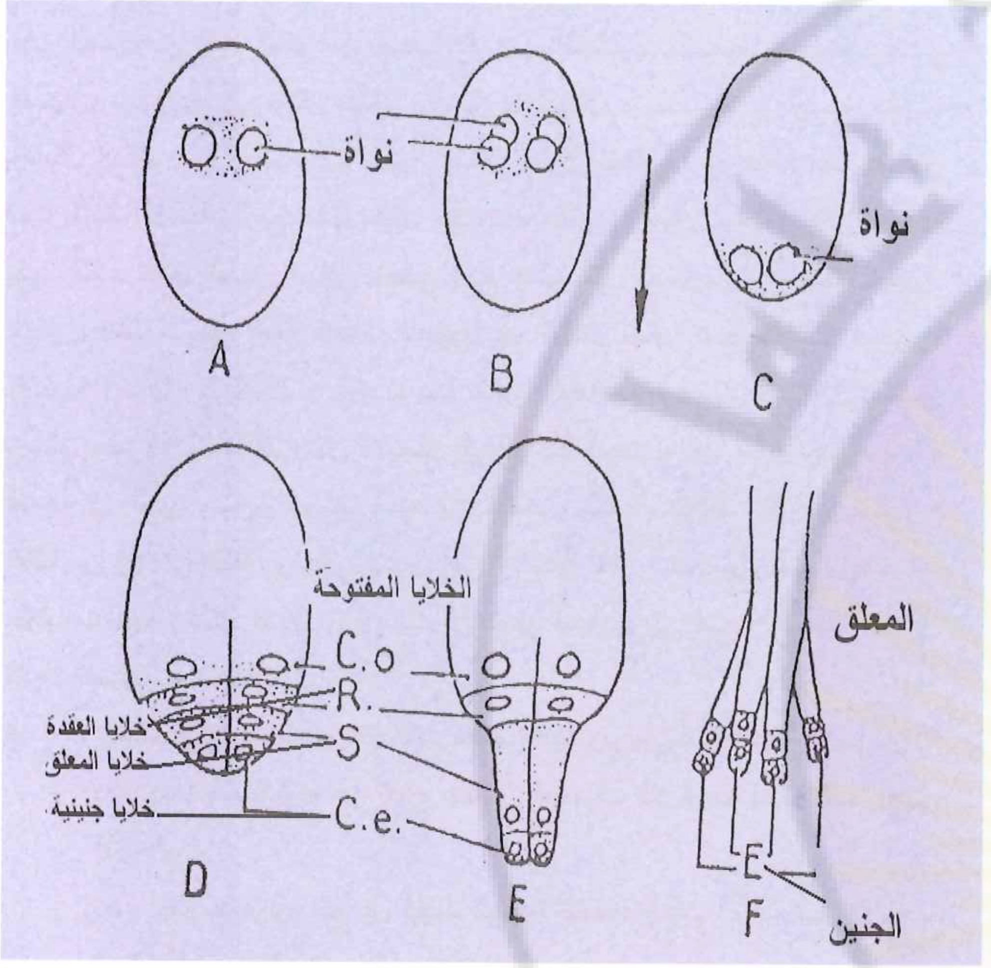
تنقسم نواة البيضة الملقحة مباشرة بعد الإلقاح إلى نواتين ثم إلى أربع نوى حرة، تهاجر النوى الناتجة إلى قعر البيضة (شكل رقم 25:8 A و C-B) ، وهناك تتكون

الحواجز الخلوية الأربعة فتفصل النوى عن بعضها، ولكن تبقى النواتان العلويتان على اتصال مع القسم الباقي من البيضة، ثم تنقسم الخلايا انقساماً عمودياً على المحور، مما يؤدي إلى تشكل طابقين خلويين يحوي كل منهما على أربع خلايا (شكل 25:8 – D) . ثم تنقسم خلايا الطابق العلوي لتعطي أربع خلايا مفتوحة على سيتوبلاسما البيضة وأربع خلايا تشكل عقدة تشبه الوردة ويمكن تسميتها خلايا العقدة بينما تنقسم خلايا الطابق السفلي لتعطي أربع خلايا تمثل المعلق، وأربع خلايا جنينية. تتطاول خلايا المعلق دافعة الخلايا الجنينية نحو الأسفل ضمن نسج طليعة المشرة الأنثوية (شكل رقم 25:8 – E). ثم يبدأ تمايز الأجنة مع ازدياد تطاول المعلق (شكل رقم 25:8 – F). ولكن لا يصل إلى مرحلة النضوج منها سوى جنين واحد متمايز إلى جذير وسويق وبريعم وعدد من الفلقات يختلف باختلاف الأنواع ويتراوح غالباً بين (6–12) فلقة. وتجدر الإشارة إلى أن بداية تطور الجنين تتمثل بوجود خلايا متشابهة (شكل 26:8) ، لا تلبث أن تتمايز فيما بعد إلى نسج وأعضاء تمثل بادرة الصنوبر.

يعد تعدد الأجنة في الصنوبر من الحالات المميزة للصنوبريات بشكل عام وله نوعان:

- تعدد أجنة بسيط ناتج عن القاح عدد من البيضات الكروية في عدد من الأرحام.
- تعدد أجنة حاجزي ناتج عن انقسام البيضة الملقحة إلى عدد من الأجنة المتشابهة.

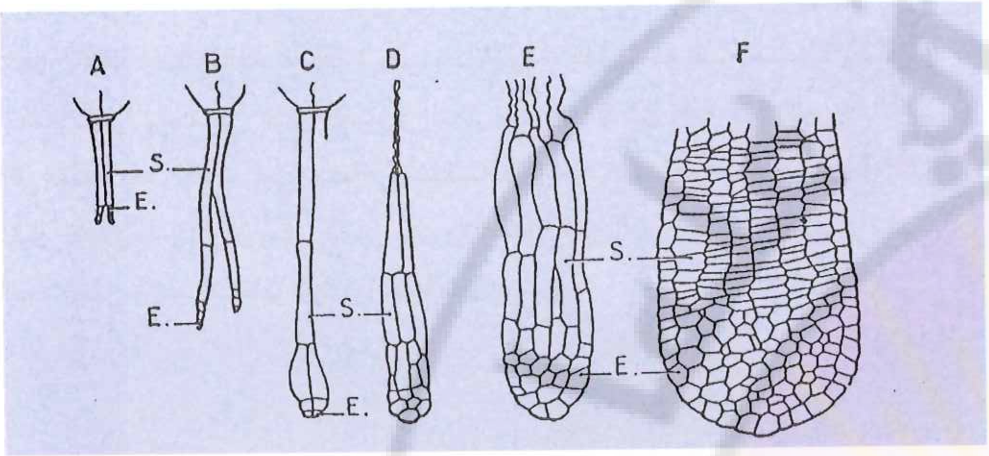
جامعة دمشق
Damascus University


نواة
A
B
C
نواة
الخلايا المفتوحة
C.o
R.
S
C.e.
خلايا العقدة
خلايا المعلق
خلايا جنينية
D
E
F
المعلق
E
الجنين

شكل رقم 25:8

بداية تطور الجنين في الصنوبر

(A) طليعة الجنين يحوي نواتين. (B) طليعة الجنين الحاوي على أربع نوى قبل نزولها. (C) هجرة النوى نحو القعر. (D) طليعة الجنين المكون من أربع طوابق قبل تطاول خلايا المعلق. (E) طليعة الجنين وبدء تطاول خلايا المعلق. (F) انفصال الأجنة التابعة لنفس البيضة الملقحة.



شكل رقم 26:8

تطور الجنين والمعلق في الصنوبر

(B,A) انفصال الأجنة التابعة لنفس البيضة الملقحة (مثلنا على الرسم اثنين من اصل أربع فقط).

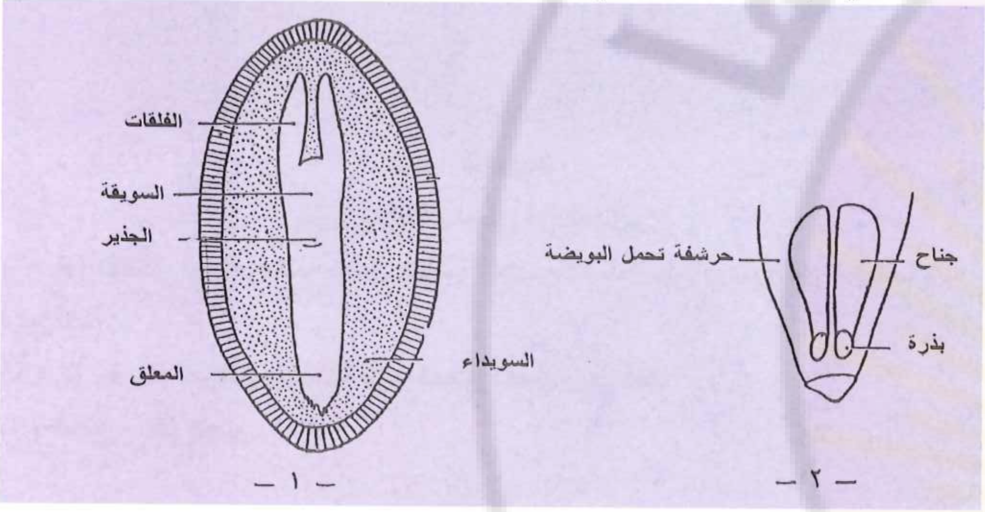
(F, E, D, C) المراحل المختلفة لنمو المعلق لجنين واحد فقط.

(S) المعلق. (E) الجنين.

يترافق التمايز الجنيني وتشكل البادرة السابق بتراكم المدخرات البروتينية (حبات الالورون) والزيتية داخل خلايا طليعة المشرة الأنثوية أو السويداء، وتحول لحافة البويضة إلى قشرة ثخينة متخشبة. أما المرحلة الأخيرة من تطور البويضة فتتمثل بفقدان الماء من السويداء والبادرة حتى الجفاف التام، ثم دخولها في مرحلة الحياة البطيئة، وتحولها إلى بذرة حقيقية (شكل 27:8 –1).

بذور الصنوبريات مختلفة الشكل والحجم، وفي الصنوبر بالذات ترافق قشرتها نتوءات حرشفية على شكل جناح متطور نوعاً ما (شكل رقم 27:8 –2) .وعند النضج تجف الحراشف المكونة للمخاريط الأنثوية. وتنفصل عن بعضها، بينما تسقط البذور وتنتشر بوساطة جناحيها، ثم تنتش في الظروف الملائمة. الإنتاش فوقي في

الصنوبر حيث يؤدي نمو المحور فوق الفلقات إلى ظهور الفلقات فوق سطح التربة (فلقات هوائية). وهذه الفلقات تبقى في البداية محاطة باللحافة التي تغطي نهايتها. ثم تسقط اللحافة وتتفتح الفلقات الحرة على شكل وردة. الفلقات طويلة ضيقة وتظهر اختلافاً كبيراً بالعدد في جنس الصنوبر إذ تتراوح بين 6–12 فلقة. أما الأوراق الأولى التي تظهر بعد الفلقات فهي بسيطة ومتجانسة تقريباً وتختلف عن الأوراق الكاملة التي تظهر فيما بعد. لذلك لا يمكن التمييز بين الأغصان الطويلة والأغصان القصيرة في النبات الفتي وإنما نلاحظها فقط في النباتات الناضجة.



شكل رقم 27:8

1- **مقطع طولي في بذرة الصنوبر.**
2- **بذرة الصنوبر كما تبدو على الحرشفة البويضية. لاحظ الجناح المتطور الذي يساعد على انتقالها بوساطة الرياح.**

5- حلقة حياة الصنوبر: Pin laricio

يمكن إيجاز حلقة حياة الصنوبر بالشكل (رقم 28:8) الذي يوضح الشكل العام والتفصيلي للمخروط الذكري وتطور حبة الطلع، والشكل العام والتفصيلي للمخروط

الأنثوي مع البويضة المقلوبة، ثم التأبير والإلقاح والتطور الذي يحدث داخل الأرحام، ومراحل تكون الجنين وتشكل البذرة الناضجة وأخيراً إنتاش هذه البذرة.

كما يمكن إيجاز مخطط تعاقب الأجيال في الصنوبر Pin بالشكل (رقم 29:8) الذي يوضح تمثل النبات البوغي بالنبات المورق (2n) الذي يحمل النبات العروسي، تماماً كما هي الحال في الجنكو. إلا أن الفرق بينهما هو أن الصنوبر أحادي المسكن والجنكو ثنائية.

8-3 تطور عاريات البذور وتصنيفها:

يعتبر الجيولوجيون أن نهاية الحقبة البرميّة (قبل 251 مليون سنة تقريباً) كانت الحد الفاصل بين الحقبة الباليوزوية Paleozoic " الحياة القديمة " والحقبة الميزوزوية Mesozoic " الحياة الجديدة ". وحين سادت عاريات البذور في المنظومات البيئية البرية خلال الحقبة الميزوزوية، غيرت وجه الحياة جذرياً. إذ عملت كمصدر لطعام عمالقة الديناصورات الآكلة للعشب. ثم انتهت الحقبة الميزوزوية Mesozoic بانقراض جميع الديناصورات وكثير من مجموعات أخرى، واتجاه الكوكب نحو الاعتدال شيئاً فشيئاً. ولا تزال عاريات البذور جزءاً هاماً من نبات الأرض. وإن كانت مغلفات البذور في زماننا هي السائدة في معظم المنظومات البيئية البرية.لقد وضعت عاريات البذور حسب التصنيف الذي ورد في الجدول رقم 4-7 (الشعب العشر للنباتات الموجودة) في أربع شعب هي:

أ- **شعبة النباتات الصنوبرية Coniferophyta** .

تعتبر شعبة النباتات الصنوبرية إلى حدّ ما الأكبر من بين شعب عاريات البذور، فهي تشتمل على حوالي ستمئة نوع من الصنوبريات Conifers و(" Ferre" في اللاتينية بمعنى " تحمل" ، و" Conus" بمعنى " المخروط") معظمها أشجار كبيرة كالسرو Cypresses. والشجر الأحمر. وتسيطر بعض أنواع الصنوبريات على مناطق الغابات الشاسعة في نصف الكرة الشمالي للأرض، حيث يقصر فيها فصل النمو بسبب ارتفاعها أو بعدها عن خط الاستواء.

تعتبر معظم الصنوبريات دائمة الخضرة، إذ تستبقي أوراقها طيلة السنة. وحتى في الشتاء، لا يحدث التركيب الضوئي إلا بكمية قليلة في الأيام المشمسة. وعندما يأتي الربيع، تكون الصنوبريات قد امتلكت أوراقاً كاملة التطور، تمكنها من الانتفاع من أيام أكثر دفءً وشمساً. غير أن بعض الصنوبريات كجبّار الطلعة Dawn redwood، واللارك Larch، والطمراق Tamarack، هي أشجار نفضيّة، تتساقط أوراقها كل خريف. وتوضح الأشكال التالية (الشكل رقم 30:8) نماذج بعض أنواعها.

1- تنّوب دوغلاس Douglas fir:

يؤمن تنوب دوغلاس أخشاب الصناعات في أمريكا الشمالية أكثر من أي نوع آخر من الأشجار. وتشمل بعض استخداماته: هياكل المنازل، والخشب المعاكس (الرقائقي)، ولب خشب الورق، وروابط السكك الحديدية، والأقفاص، والصناديق.

2- العرعر الشائع Common juniper:

إن " ثمرات " هذا العرعر الشائع هي في الواقع مخاريط منتجة للبويضات، تتألف من أوراق بوغية لحميّة.

3- الطقسوس الهادي Pacific yew:

يعتبر لحاء الطقسوس الهادي مصدراً للتّاكسول Taxol، وهو مركب يستخدم لعلاج النساء المصابات بسرطان المبيض. تنتج أنواع الطقسوس الأوربي مركبات مشابهة يمكن الحصول عليها دون اتلاف نباتاته. وتحاول شركات الأدوية تطوير تقانات لاصطناع عقارات تحمل خواص مشابهة للتوكسول.

4- صنوبر الوليمة Wollemia pine:

عرفت بقايا المجموعة الصنوبرية فيما مضى من المستحاثات فقط، إذ اكتشف صنوبر الوليمة سنة 1994 في المنتزه الوطني الذي يبعد مائة وخمسين كيلومتراً عن سيدني في استراليا. وتشتمل أنواعها فقط على أربعين فرداً معروفاً في اثنتين من الأيكات الصغار. تقارن الصورة المدرجة أوراق هذه " المستحاثات الحية" مع مستحاثاتها الحقيقية.

5- صنوبر البريسلكون Bristlecone:

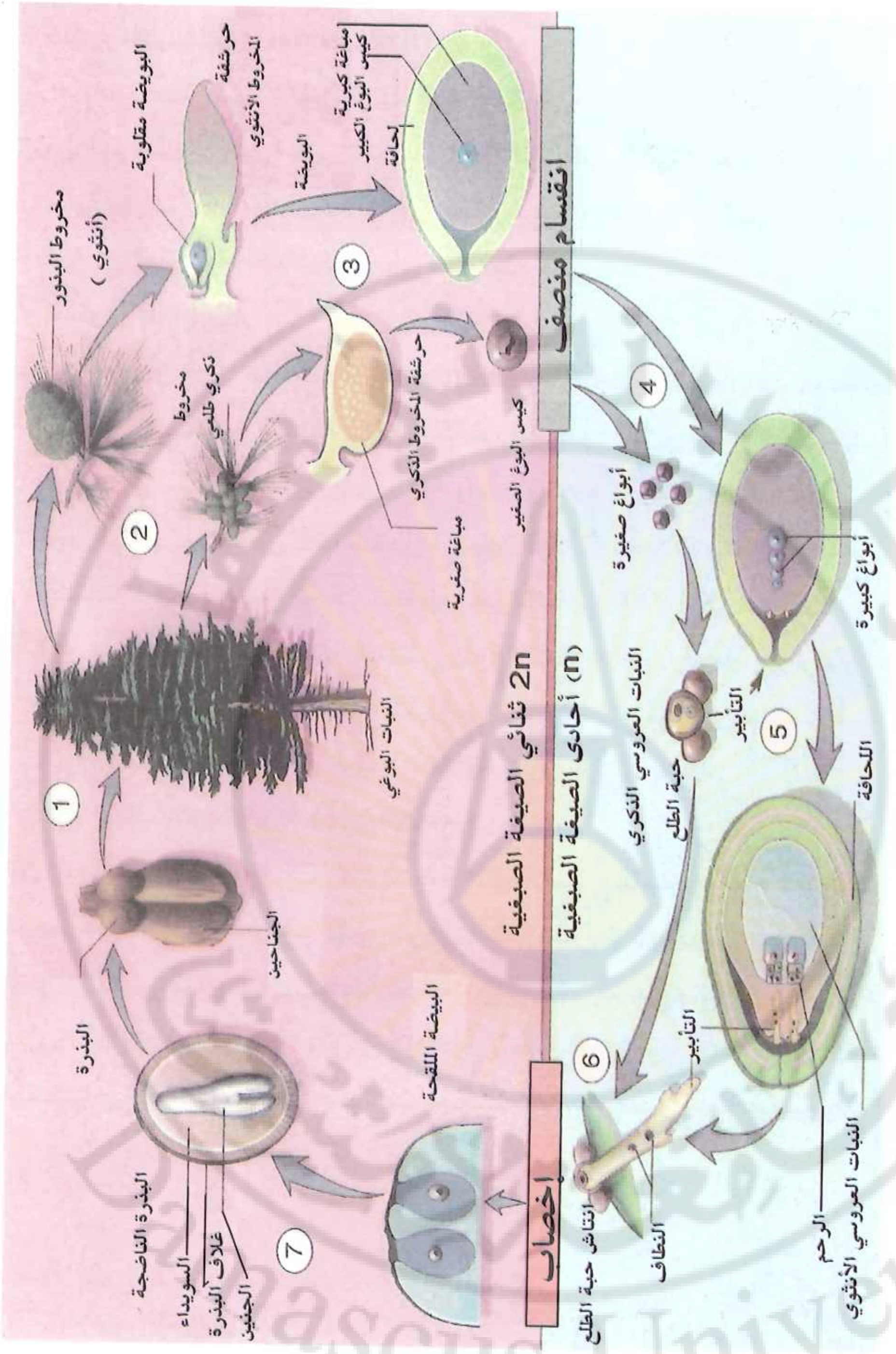
تشتمل هذه الأنواع التي توجد على الجبال البيضاء لكاليفورنيا على بعض من أقدم الكائنات الحية التي تصل أعمارها إلى /4700/ سنة. تدعى واحدة من أشجارها بـ "Methuselah" (غير الظاهرة هنا) حيث يُعتقد أنها أقدم شجرة حية في العالم. وقد تكتم العلماء على مكان هذه الشجرة حماية لها.

6- السّكوية Sequoi:

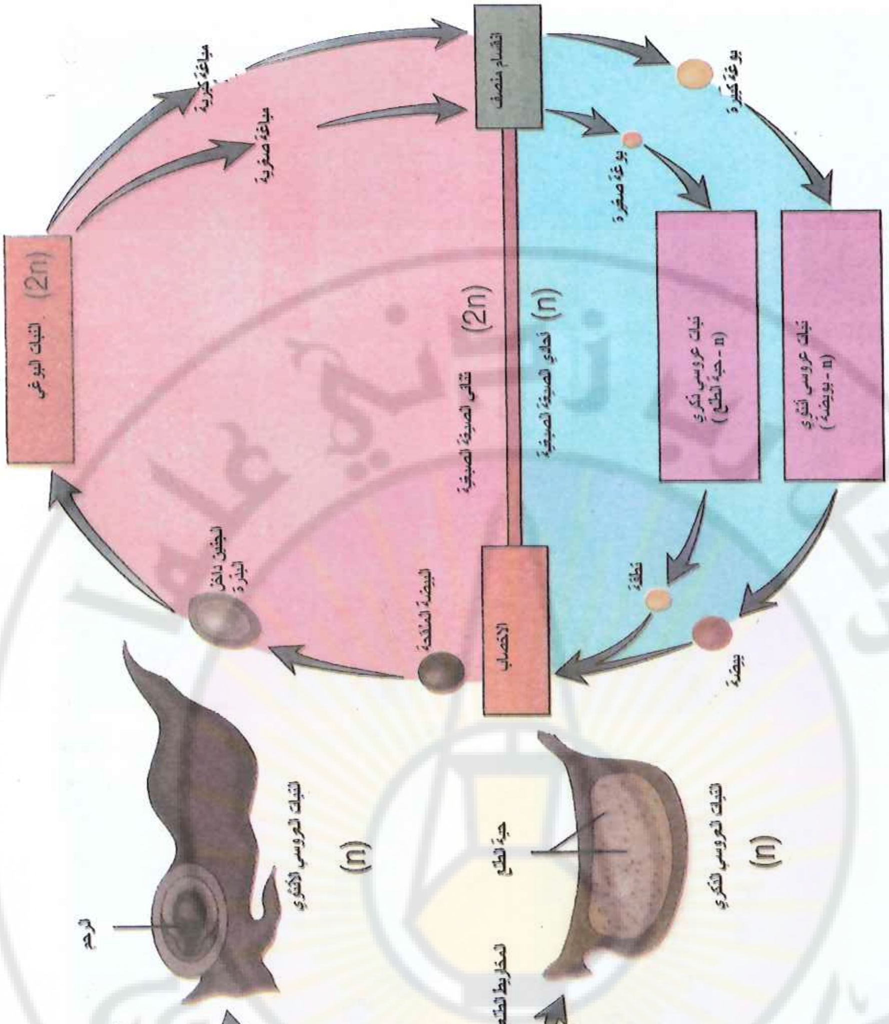
يرجح أن وزن هذه السّكوية (*Sequoiadendron giganteum*) العملاقة الموجودة في منتزه السّكوية الوطني لكاليفورنيا يفوق ألفين وخمسمئة ألف كيلو غرام. وهو ما يعدل تقريباً وزن أربعة وعشرين حوتاً أزرقاً (الأضخم بين الحيوانات)، أو أربعين ألف شخص. وتعتبر السّكوية العملاقة واحدة من أعظم الكائنات الحية وأقدمها، إذ يقدر بعضهم عمرها ما بين 1800 إلى 2700 سنة. تنمو أبناء عمومتها من الجبّار الساحلي Coast redwoods لتصل إلى ارتفاعات تناهز مئة وعشرة أمتار (تفوق تمثال الحرية طولاً)، ويقتصر وجودها على الشريط الساحلي الضيق لكاليفورنيا الشمالية، وأوريغون الجنوبية.

ب- شعبة النباتات السيكادوية Cycadohyta :

تأتي نباتات السيكاد Cycads في المرتبة الثانية بعد الصنوبريات التي هي المجموعة الأكبر في عاريات البذور. وهي تمتلك مخاريط كبيرة وأوراقاً كورق النخيل (تنتمي أنواع النخل الحقيقية لمغلفات البذور). ولم يبقَ منها في يومنا هذا سوى 130 نوعاً، لكنها نمت وترعرعت خلال الحقبة الميزوزوية Mesozoic era التي عرفت بـ " عصر السيكاد وعصر الديناصورات "


مخروط البذور (أنثوي)
البويضة مقلوبة
حرشفة المخروط الأنثوي
البويضة
مباغة كبيرة
كيس البوغ الكبير
لحافة
مخروط ذكري طلعي
حرشفة المخروط الذكري
كيس البوغ الصغير
مباغة صغيرة
1
2
3
4
5
6
7
النبات البوغي
الجناحين
البذرة
البيضة الملقحة
2n ثنائي الصيغة الصبغية
(n) أحادي الصيغة الصبغية
انقسام منصف
إخصاب
أبواغ صغيرة
أبواغ كبيرة
النبات العروسي الذكري
حبة الطلع
التأبير
اللحافة
النبات العروسي الأنثوي
الرحم
النطاف
إنتاش حبة الطلع
البذرة الناضجة
السويداء
غلاف البذرة
الجنين

شكل رقم 28:8 حلقة حياة الصنوبر


انقسام منصف
بوغة كبيرة
بوغة صغيرة
مباءة كبيرة
مباءة صغيرة
النبات البوغي (2n)
ثنائي الصيغة الصبغية (2n)
أحادي الصيغة الصبغية (n)
نبات عروسي ذكري (n - حبة الطلع)
نبات عروسي أنثوي (n - بويضة)
نطفة
بيضة
الإخصاب
البيضة الملقحة
الجنين داخل البذرة
الرحم
النبات العروسي الأنثوي
(n)
حبة الطلع
النبات العروسي الذكري
(n)
المخاريط الطلعية
مخاريط البذور
نبات بوغي
(2n)

شكل رقم 29:8

مخطط تعاقب الأجيال في الصنوبر

تنوب دوغلاس Douglas fir

العرعر الشائع Common juniper

الطقسوس الهادى Pacific yew

صنوبر الوليمة Wollemia pine

صنوبر البريسلكون Bristlecone

السكوية Sequoi

شكل 30:8

التنوع في عاريات البذور

(شعبة النباتات الصنوبرية)

وبما أن شعبة السيكاديات تأتي في المرتبة الثانية بعد الصنوبريات وتضم أجناساً حية وأخرى مستحاثية لذلك سنأتي على دراسة التكاثر في أهم نماذجها:

1- التكاثر في السيكاس *Cycas*:

السيكاس شجرة مصدرها الشرق الأقصى وتنتشر حالياً في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، عرفت جيولوجياً في الحقب الكريتاسي وما زالت بعض أنواعها منتشرة في نباتاتنا الحالية.

تبدو شجرة السيكاس مشابهة للنخيل والسراخس الشجرية (شكل رقم 31:8 – أ و ب). ساقها مستقيمة غير متفرعة قد يصل طولها إلى /20/ متراً وقطرها إلى حوالي المتر. ويغطي الساق دائماً طبقة من الحراشف تنشأ من قواعد الأوراق الساقطة. أما الأوراق فتتوضع بشكل إكليل يتوج قمة الشجرة وتأخذ شكلاً ريشياً مشابهاً لأوراق النخيل. أما الأوراق الفتية فتبدو على شكل محور مستقيم وعليه وريقات ملتفة عرضياً. يتميز ساق السيكاس باحتوائه على مخ كبير يشغل غالباً ثلث مساحة المقطع العرضي للساق، ويقوم بوظيفة ادخارية إذ غالباً ما نجد في خلاياه حبات من النشاء. بينما تكون الأسطوانة المركزية رقيقة نسبياً وتحتوي على الجهاز الخشبي اللحائي. حيث نجد في الساق الفتي حلقة واحدة وعائية لحائية تحيط بالمخ، وعدة حلقات وعائية لحائية في الساق الهرم. أما القشرة فهي كبيرة، تتألف من بارانشيم غير متمايز، ويحيط بها من الخارج طبقة من الفلين، وتعبرها أقنية مخاطية وحزم وعائية لحائية ورقية. إن كبر المخ والقشرة وصغر النسج الوعائية يدل على البنية الابتدائية التي يتمتع بها السيكاس. أما الجذر فهو وتدي الشكل، وقد يصل إلى ثخن الساق عن طريق النمو الثانوي، كما تغطيه جذيرات ثانوية دقيقة، غالباً ما يتعايش معها أحد الجراثيم الزرقاء هو الأنابينا *Anabaena* . وبهذا تأخذ الجذور الثانوية شكلاً مرجانياً وتتميز بأنها تتجه نحو سطح الأرض حيث يصبح لها جاذبية أرضية سالبة.

ب- السيكاس الملتف Cycas revoluta　　أ- الشكل العام لشجرة السيكاس

الشكل رقم 31:8 شعبة النباتات السيكادوية.

أ- الجهاز التكاثري :

السيكاس هو ثنائي المسكن أي أن الأزهار المذكرة تظهر على شجرة والمؤنثة على شجرة أخرى.

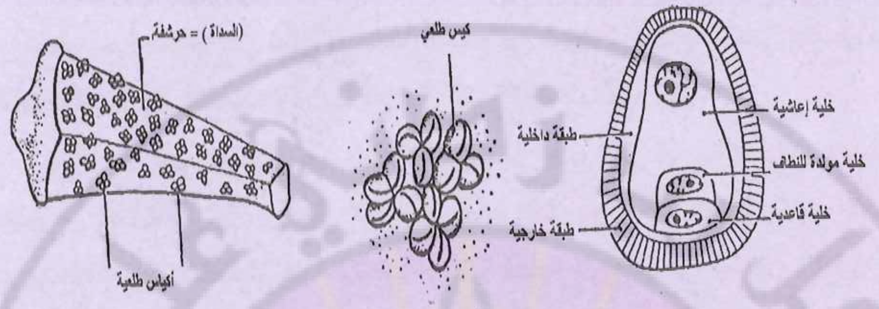
- **الجهاز التكاثري الذكري:**

يتألف من مخروط كبير يصل طوله إلى 50 سم ، يشبه مخروط الصنوبر ويظهر في قمة الساق وسط الإكليل الورقي، ويتكون من مجموعة من الحراشف المرصوفة إلى جانب بعضها بعضاً. تمثل كل حرشفة سداة تحمل الأكياس الطلعية على وجهها السفلي يمكنها أن تحرر حباة الطلع التي تتألف عن النضج من ثلاث خلايا هي: خلية قاعدية، وخلية مولدة، وخلية إعاشية، تحاط غالباً بطبقة خارجية وأخرى داخلية (شكل رقم 32:8).

- **الجهاز التكاثري الأنثوي:**

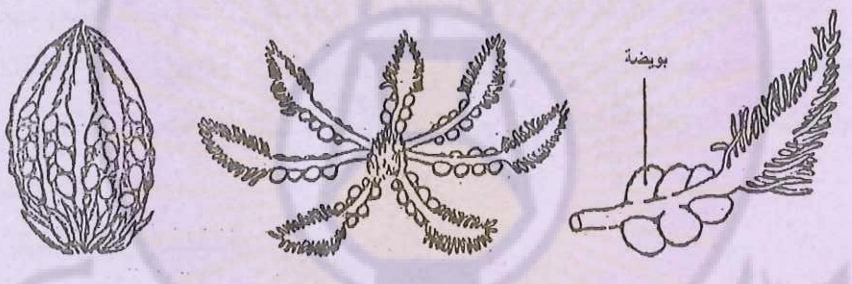
يتألف من مخروط ضخم قد يصل قطره إلى 40 سم عندما يكون مغلقاً، ويتكون من مجموعة من الأوراق المخصبة أو الأوراق البويضية التي تنشأ عن الميريستيم القمي للساق وتكون عديمة اليخضور. تتألف الورقة البويضية في جزئها

العلوي من مجموعة من الوريقات، وفي جزئها السفلي من مجموعة من البويضات (شكل رقم 33:8). يعتقد بعض العلماء أنها وريقات تحورت لتصبح مخصبة. أما البويضات نفسها فهي كبيرة الحجم إذ يمكن أن تصل إلى حجم بيضة الدجاج.


(السداة) = حرشفة
أكياس طلعية
كيس طلعي
طبقة داخلية
طبقة خارجية
خلية إعاشية
خلية مولدة للنطاف
خلية قاعدية

السداة التي تحمل الأكياس الطلعية — تكبير للأكياس الطلعية في السيكاس — حبة الطلع في السيكاس

شكل رقم 32:8



مخروط مغلق — **مخروط مفتوح** — **الورقة التي تحمل البويضات**

شكل رقم 33:8

المخروط الأنثوي في السيكاس *Cycas*

تتألف البويضة الناضجة في السيكاس من الأجزاء التالية (الشكل 34:8):

- **اللحافة:** وهي وحيدة وثخينة وتتألف من ثلاث طبقات تشبه ما لاحظناه في الجنكو : الخارجية ماوية ثخينة والوسطى قاسية متخشبة والداخلية بارانشيمية . وفي البيضة الفتية لا تلاحظ الكوة، لكنها تظهر عند بداية التأبير.

- **النوسيل:** الذي نلاحظ الحجرة الطلعية في قمته.
- **السويداء أو طليعة المشرة المؤنثة** ♀ Prothalle التي تحمل الأرحام في جزئها العلوي.

ب- التأبير والإلقاح:

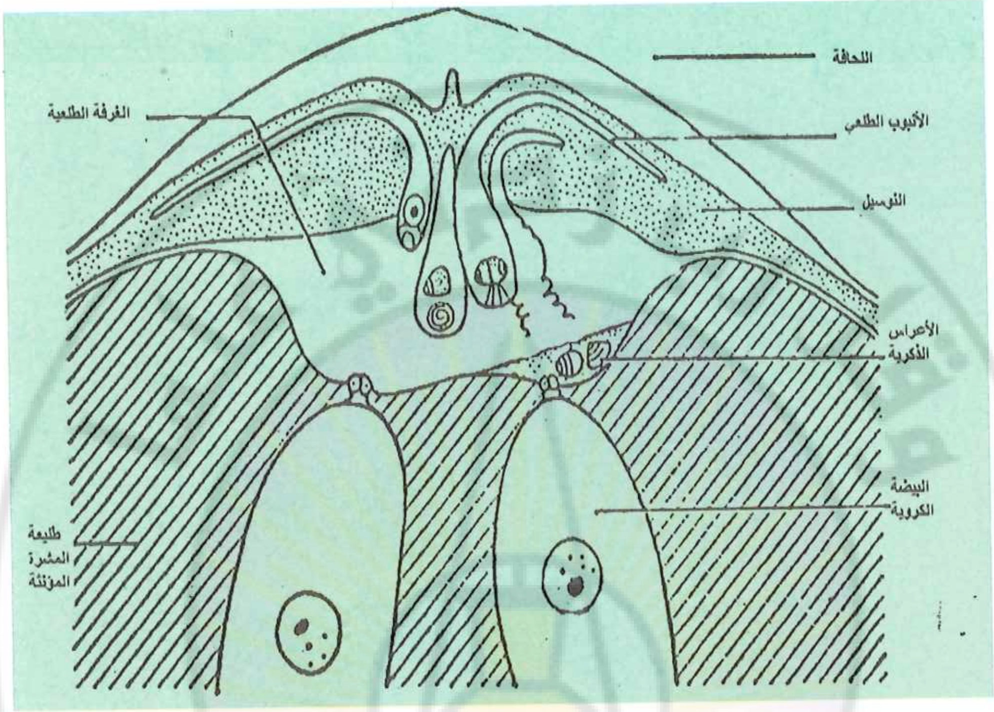
تستقر حبة الطلع التي تنتقل بوساطة الرياح في الحجرة الطلعية التي تغلق بعد التأبير، وذلك بعد التقاطها وجذبها من قبل المفرزات الهلامية للكوة.

يخرج الأنبوب الطلعي غير المتفرع من حبة الطلع التي لها شكل خاص ومميز، وينغرس داخل النوسيل، وخلال انغراسه يهضم بالتدريج خلايا النوسيل، بينما تتمايز من الخلية القابلة للانقسام خلية استنادية وخلية نطفية لا تنقسم إلى نطفتين إلا قبل وقت قصير من الإلقاح. إن الحوادث الداخلية في الإلقاح لا تشبه ما لاحظناه في بقية عاريات البذور. وعلى عكس ما لاحظنا في الجنكو فإن الحجرة الطلعية في السيكاس لا تحوي أي أثر من سائل الإلقاح، ومحتوى الأنبوب الطلعي لا يمكن أن يملأها ليمنح النطاف وسطاً للحركة، لكن ما ينتج عنه من قطرات بعد تمزقه وتحرير النطاف، تعد كافية لانتقال هذه النطاف إلى البيضة الكروية التي تكون ذات بلاسما قاسية بسبب قلة التميه فيها. فيحدث الإلقاح بامتزاج نواة النطفة مع نواة البيضة الكروية (شكل رقم 34:8).

2- بقية أجناس السيكادال:

تتميز بعض أجناس السيكادال بجذع درني يحمل في قمته باقة من الأوراق وتغطيه قواعد الأوراق القديمة الجافة كما هي الحال في جنس زاميا *Zamia* (شكل رقم 35:8 – A). إضافة إلى صغر هذه الأجناس بالمقارنة مع السيكاس، فالساق في الزاميا يبلغ طولها حوالي 2–3 م فقط . كما نلاحظ اختلافاً واضحاً في أشكال المخاريط الذكرية والأنثوية، التي تأخذ هنا شكلاً صلباً متماسكاً بينما لاحظنا في السيكاس أن لها صفاتٍ ورقية (شكل رقم 35:8 – B ,C). إضافة إلى اختلاف العدد الكلي للأكياس الطلعية (أو البوغية) المحمولة على الورقة البوغية فبينما نجد أن هذا العدد يصل الى حوالي (1165) كيساً طلعياً في بعض أنواع السيكاس، فإنه لا

يتجاوز الـ (25)كيساً في بعض أنواع *Zamia* (شكل رقم35:8 – D) أما التأبير والإلقاح وتكّون الجنين فإنه يشبه ما لاحظناه في السيكاس كما يوضح الشكل رقم (G,F,E – 35:8).


اللحافة
الغرفة الطلعية
الأنبوب الطلعي
النوسيل
الأعراس الذكرية
البيضة الكروية
طليعة المشرة المؤنثة

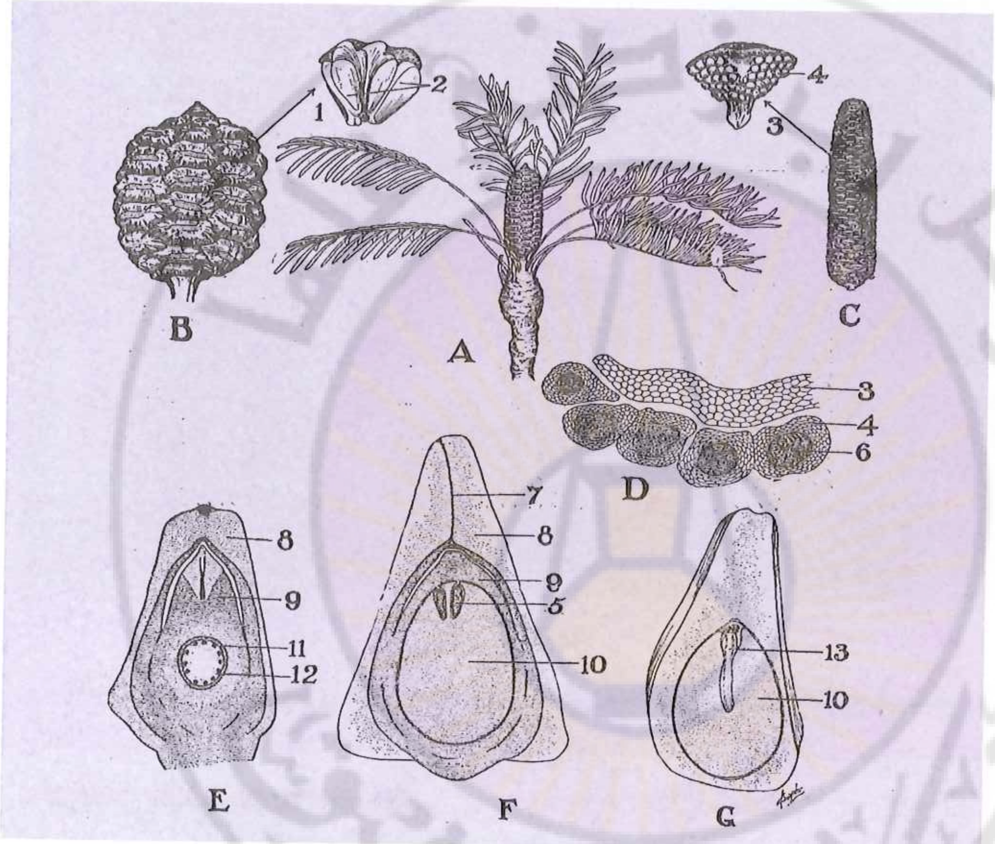
شكل رقم 34:8

مخطط يمثل الجزء العلوي في بويضة السيكاس في أثناء تحرر النطاف لتلقيح البيضة الكروية

أما جنس البنتيت Bennettites:

فهو عبارة عن مستحاثات فقط. وتتميز أنواعه بأنها نباتات شجرية قصيرة الجذع، وتتوضع الأوراق بشكل إكليل يتوج قمة الشجرة وتأخذ شكلاً ريشياً مشابهاً لأشكال السيكاس والزاميا أما أزهارها فتقترب من الأزهار النموذجية وتشبه بذلك مغلفات البذور. فالأزهار كبيرة الحجم وتصل إلى /10/ سم في قطرها. وتلاحظ بأعداد كبيرة على الساق قد تصل إلى /1200/ زهرة على النبات الواحد (شكل رقم 36:8).

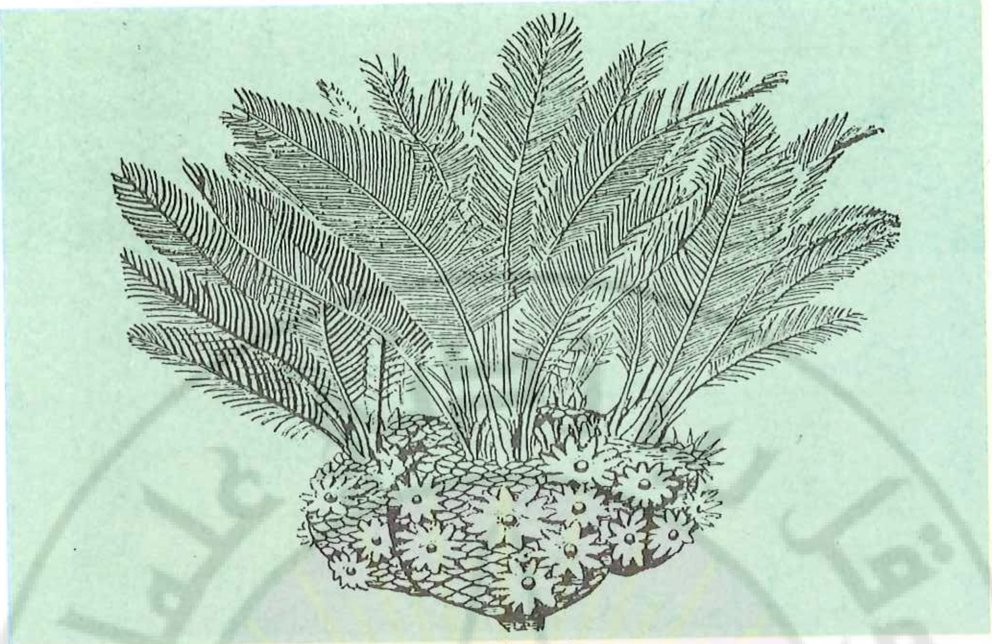
تشبه زهرة البنتيت على المقطع الطولي الزهرة في مغلفات البذور إلا أن هذا التشابه لا يعني اقترابها منها لأن هناك اختلافاً هاماً بينهما يكمن في أن البويضة المحمولة على الحراشف في جنس البنتيت Bennettites لا توجد داخل مبيض مغلق ولذلك يحدث التأبير فيها مباشرةً.



شكل رقم 35:8

حلقة حياة جنس زاميا *Zamia* من رتبة السيكادال

(A) الشكل العام للنبات. (B) المخروط الأنثوي يحمل الحراشف البويضية (1) والبويضتين(2). (C) المخروط الذكري يحمل الأوراق البوغية الصغيرة (3) والأكياس الطلعية (4). (D) مقطع عرضي في الورقة البوغية يوضح توضع الأكياس البوغية (أو الطلعية) الفتية. (E) التأبير. (F) الإلقاح. (G) تكون الجنين.



شكل رقم 36:8

الشكل العام لنبات البنتيت Bennettites

لاحظ الجذع قصير يحمل إكليلاً من الأوراق في قمته. كما يحمل عدداً كبيراً من الأزهار.

جـ- شعبة النباتات الجينكوية Ginkgophyta :

يعد نوع جينكو البلوبا *Ginkgo biloba* النوع الوحيد المتبقي من هذه الشعبة. وقد درس بالتفصيل سابقاً ويميل المزارعون عادةً لزراعة الأشجار المنتجة للطلع، كما ينطلق عن البذور اللحمية من روائح عفنة عندما تتفسخ شكل رقم (4:8).

د-شعبة النباتات الغنيتوية Gnetophyta أو غمديات البذور Chlamydospermes:

تعد الغنيتات أو غمديات البور من البناتات التي تقع بين عاريات البذور ومغلفاتها، لكن دون التأكيد على أن المغلفات قد تطورت عنها وتتميز بالصفات الرئيسية التالية:

1. تحوي الأزهار الأنثوية على بويضة محاطة بغلاف، مما يدعو إلى الشبه مع مبيض مغلفات البذور من حيث الشكل والوظيفة، إلا أن الغلاف غير تام مما يؤدي إلى تطاول الكوة أحياناً لالتقاط حب الطلع.

2. يحوي الخشب الثانوي في غمديات البذور على ألياف ذات ثقوب هالية نموذجية، وعلى قصيبات تشبه الأوعية التامة، ولكنها تنتهي دائماً بجدار مائل، وتحوي أحياناً على ثقوب هالية كبيرة.
3. تحوي الخلايا اللحائية في جنس الغنيتوم *Gnetum* على خلايا مرافقة تماماً كما هي الحال في مغلفات البذور. أما بقية الأجناس فهي تشبه عاريات البذور بعدم احتوائها على الخلايا المرافقة.
4. تحوي الأزهار الذكرية على أسدية ويتألف كل منها من مئبر وخيط، تماماً كما هي الحال في مغلفات البذور.

تتألف نباتات شعبة النباتات الغنيتوية ، أو ما تدعى بالغنيتوفيتات Gnetophytes ، من ثلاثة أجناس: الغنيتوم *Gnetum* ، والإيفدرة *Ephedra* ، والويلوتشيا *Welwitschia* . بعض هذه الأنواع مداري، ويعيش بعضها الآخر في الصحاري. بالرغم من اختلافها الشديد في المظهر، إلا أن هذه الأجناس تصنف مع بعضها اعتماداً على المعطيات الجزيئية.

جنس الايفيدرا *Ephedra* :

يضم الايفيدرا حوالي /40/ نوعاً تنتشر في المناطق الجافة في حوض البحر الأبيض المتوسط، وفي المناطق الاستوائية والمعتدلة من آسيا وأمريكا الشمالية والجنوبية. يعيش منها في القطر العربي السوري ثلاثة أنواع:

- الايفيدرا المنحني الأرجل *E. campylopoda* : يوجد على طول الساحل السوري وحتى طبريا.
- الايفيدرا الخطمي *E. alta* الذي يتميز باحتوائه على (3-4) مأبر في مخروطه الذكري، وثلاث طلائع ورقية تصبح حمراء عند النضج في مخروطه الأنثوي.
- الايفيدرا المجنح *E. alata* الذي يتميز باحتوائه على (4-6) مأبر في مخروطه الذكري، وخمس طلائع ورقية مجنحة لا تأخذ اللون الأحمر عند النضج.

ينتشر النوعان الثاني والثالث في ضواحي دمشق وخاصة في قاسيون.

الايفيدرا عبارة عن شجيرات صغيرة (10–100سم ارتفاعاً) متخشبة ومتفرعة جداً (عرائشية)، مؤلفة من ساق ملتو وعقد منتفخة أوراقها ضامرة إلى غمد قصير. لذلك يشبه الغصن فيها ساق أذناب الخيل *Equisetum* ، حيث يتألف من سلاميات مفصلية مغطاة بحراشف، أما لونه فيكون أخضر عندما يكون الساق فتياً، ورمادياً عندما يكون الساق هرماً (شكل رقم 37:8).

شكل رقم 37:8

الايفيدرا *Ephedra* تنتج هذه الشجيرات الصحراوية والتي شاعت تسميتها بـ " شاي المرمون Mormon tea " مركب الإفيدرين Ephedrine المستخدم في الوسط الطبي كمزيل للاحتقان.

أ- الجهاز التكاثري:

تترتب الأزهار في الايفيدرا في مخاريط، تتوضع في نهاية سوق قصيرة تنشأ من إبط الأوراق (شكل رقم 38:8) ويتألف المخروط من قنابات متقابلة، تشبه الأوراق، ولكنها متراكبة بسبب انعدام الفواصل بينهما. الايفيدرا نبات ثنائي المسكن غالباً، إلا أنه يضم بعض الأنواع التي تنتج نباتات أحادية المسكن.

- **النبات العروسي الذكري:**

تجتمع الأعضاء الذكرية في مخروط صغير يشبه مخروط الصنوبر يتألف من عدد من الأزهار الذكرية، وتتألف كل زهرة (شكل رقم 38:8 – C) من الأجزاء التالية:

- كم مؤلف من قطعتين خارجيتين حرشفيتين متحدتين في قسمهما السفلي، وبحيث يشكلان كماً أنبوبي الشكل.
- السداة التي تبرز من وسط الكم على شكل عمود متفرع في نهايته إلى فرعين يحمل كل منهما عدداً من الأكياس الطلعية.
- قنابات تحيط بالكم.

- **النبات العروسي الأنثوي:**

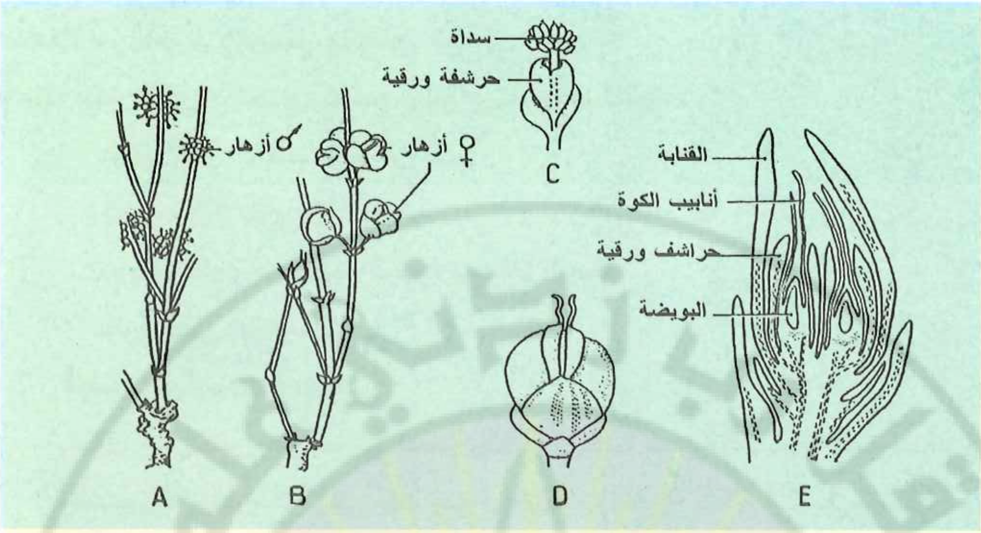
تجتمع الأعضاء الأنثوية في مخروط أنثوي صغير يتألف من عدد من الأزهار الأنثوية (شكل رقم 38:8 – D,B). وتتألف كل زهرة أنثوية من الأجزاء التالية:

- قنابتان على شكل أنبوب. تمثلان كم الزهرة.
- بويضة واحدة متطاولة وموجودة في مركز الأنبوب ومغطاة بلحافة واحدة (شكل رقم 38:8 – E).

ب- تطور الأعضاء التكاثرية:

يتم تطور حبة الطلع بانقسام نواتها إلى نواتين: إحداهما صغيرة عدسية الشكل وتبدأ بالاضمحلال تدريجياً وتمثل خلية إعاشية، والثانية كبيرة لا تلبث أن تنقسم وتعطي أربع نوى هي : نواة الأنبوب الطلعي ونواة الخلية الاستنادية ونواتان خصبتان تتحولان إلى نطفتين غير مهدبتين. وقد تتشكل في بعض الحالات خليتان إعاشيتان بدلاً من خلية واحدة.

أما تطور البويضة الأنثوية فيتم اعتباراً من انقسام الخلية الأم المتوضعة في وسط النوسيل، حيث تعطي بعد الانقسام المنصف أربع خلايا (n) تضمر ثلاث منها، بينما تتابع الرابعة نموها مكونة مشرة أنثوية. يتمايز فيها رحمان في كل منهما بيضة كروية ونواة تمثل نواة قناة البطن. وتجدر الإشارة إلى أن عنق الرحم طويل في الايفيدرا لأنه مؤلف من /8/ طبقات من الخلايا تحوي كل طبقة منها على 4 أو 6 أو 8 خلايا. وبهذا تملك الايفيدرا أطول عنق رحمي في عاريات البذور.


سداة
حرشفة ورقية
أزهار ♂
أزهار ♀
C
القنابة
أنابيب الكوة
حراشف ورقية
البويضة
A
B
D
E

شكل 38:8

نبات الايفيدرا

(A) غصن يحمل الأزهار المذكرة. (B) غصن يحمل الأزهار المؤنثة. (C) زهرة مذكرة تحوي الأسدية والحراشف الورقية. (D) ازهرار أنثوي لاحظ تطاول الكوة وتشكيلها الأنابيب الكوية. (E) مقطع طولي في أزهار مؤنثة فتية.

جـ- الإلقاح وتكون البذرة:

يحدث الإلقاح عندما تسقط حبة الطلع على البويضة فتنتش، ويتجه الأنبوب الطلعي نحو الرحم. وعند وصوله إلى البيضة الكروية تتحد إحدى النطفتين معها، وتتحد الأخرى مع نواة أو عدة نوى تابعة لخلايا جدار الرحم. وهكذا نحصل على البيضة الملقحة (2n) وعلى خلية أخرى تنقسم وتشكل كتلة يتغذى عليها الجنين في مراحل نموه الأولى.

تنقسم نواة البيضة الملقحة عدة انقسامات مولدة عدداً من النوى، ثم تتكون الحواجز الفاصلة بين النوى وتتكون الأجنة بنفس الطريقة التي لاحظناها في عاريات

البذور (الصنوبر). ثم تبدأ جميعها بالتطور، إلا أن واحدة منها فقط تشكل جنيناً كاملاً، أما الأخرى فتضمحل وتتلاشى أيضاً.

وهكذا تتكون البذرة وتنضج وتصبح مؤلفة من الأجزاء التالية:

- غلاف قاس متخشب ناتج عن الكم.
- غلاف رقيق ناتج عن اللحافة.
- سويداء ناتجة عن طليعة المشرة مع بقايا النوسيل.
- جنين ثنائي الفلقات.

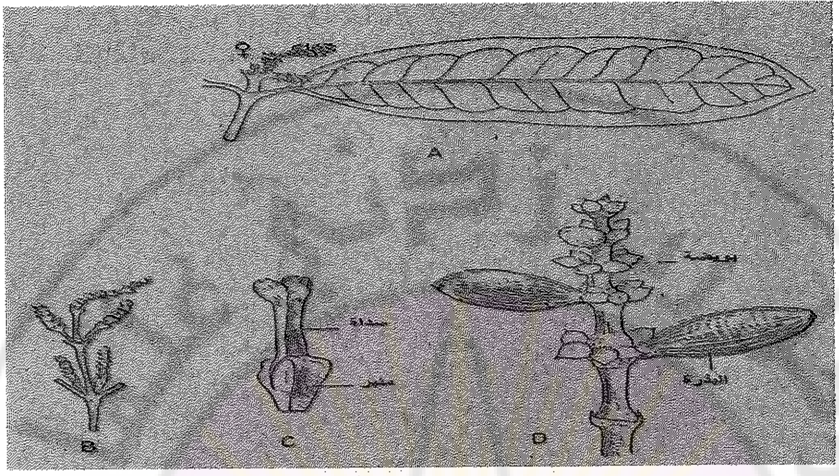
2- الجنس غنيتوم *Gnetum*:

يشتمل هذا الجنس على حوالي خمسة وثلاثين نوعاً من الأشجار المدارية، والشجيرات والكرمات وهي ذات أصول أفريقية وآسيوية بشكل أساسي. تبدو أوراقها شبيهة بأوراق النباتات الزهرية، وتشبه بذورها الثمار نوعاً ما (شكل رقم 39:8 – A). وهو ثنائي المسكن، يحمل النبات الذكري فيه مخاريط تتشكل حول محور وقنابات محيطية (شكل رقم 39:8 – B). وتتألف الزهرة فيه من كم يحيط بالأسدية (شكل رقم 39:8 – C) أما النبات الأنثوي فهو يشبه الذكري أيضاً، إذ تتشكل الأزهار المؤنثة في إبط القنابات اللاطئة (شكل رقم 39:8 – D). وتتألف كل زهرة من الكم الذي يحيط بالبويضات. تحاط البويضة بلحافة واحدة تشكل على طولها أنبوباً تستطيل فيه الكوة لالتقاط حب الطلع تماماً كما لاحظنا في الإيفيدرا.

3- الجنس ويلوتشيا *Welwitschia*:

يضم نوعاً حياً واحداً هو الويلوتشيا الميرابيلية *W. mirabilis* يوجد حالياً في المنطقة الصحراوية جنوب أنغولا (شكل رقم 40:8 – أ). حيث يلاحظ أن الساق قصيرة ولا تتجاوز بضعة ديسيمترات طولاً وتصل إلى المتر قطراً، وتتسطح في قمتها لتشكل تاجاً يحمل ورقتين فقط يتجاوز طول الواحدة منها الثلاثة أمتار وتبقيان على النبات طيلة حياته التي قد تمتد إلى مئة عام. وبالرغم من تشقق وتمزق النهايات في هاتين الورقتين إلا أنهما تنموان باستمرار بفضل النسيج

الميريستيمي الموجود في قاعدة الورقتين. لذلك تُعدُّ أوراقه الشريطية من بين أكبر ما عرف من أوراق. تتوضع الأعضاء التكاثرية بشكل مخاريط ذكرية وأنثوية على محيط التاج الموجود في قمة الساق (شكل رقم 40:8 – ب).



شكل رقم 39:8

نبات غنيتوم *G. gnemon*

A– الشكل العام والأزهار المؤنثة وشكل الورقة في نبات غنيتوم.

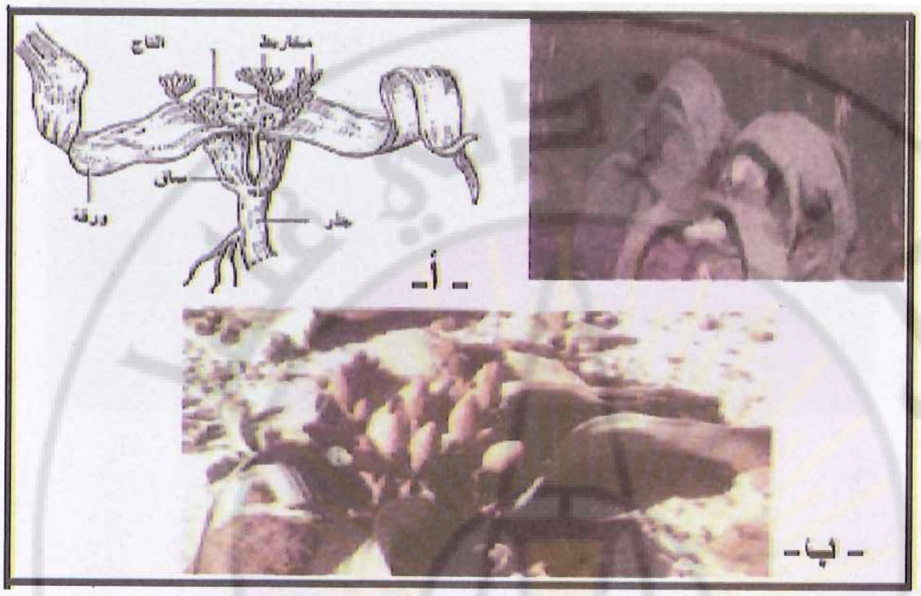
B– الأزهار المذكرة.

C– زهرة مذكرة معزولة.

D– تفصيل للأزهار المؤنثة. لاحظ تطور بويضتين لاعطاء البذرة وعدم تطور باقي البويضات.

يتكون المخروط من محور يحمل القنابات في المحيط والأزهار المذكرة أو المؤنثة في المنتصف (شكل رقم 41:8). وفي البويضة لا يوجد أي تمايز بين الرحم والسويداء أو طليعة المشرة الأنثوية. وفي أثناء الإلقاح تؤدي بعض خلايا السويداء الموجودة في البويضة دور الأعراس فترسل استطالات نحو الأنابيب الطلعية حيث يحدث الإلقاح بين أنبوب طلعي وأحد هذه الاستطالات. وهكذا وعلى الرغم من قلة عدد أنواع غمديات البذور، فإنها تعد حلقة الاتصال بين عاريات البذور ومغلفاتها، ولكن هل يمكن اعتبارها أصلاً لمغلفات البور؟..

إن هذه الفرضية غير مقبولة، وذلك لأن أقدم النباتات غمديات البذور ظهرت فقط منذ العصر الثلثي Tertiaire، بينما يعود أصل مغلفات البذور إلى العصر الجوراسي الأعلى Jurassique superieur وربما قبل ذلك.



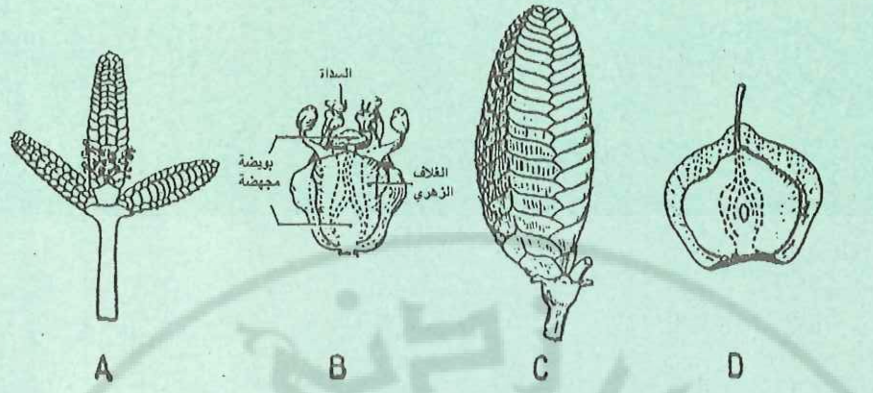
شكل رقم 40:8

أ- الشكل العام لنبات ويلوتشيا

ب- الشكل العام للمخاريط الذكرية والأنثوية في ويلوتشيا

4-8 التكاثر في مغلفات البذور Angiosperms أو Magnoliophytina:

مغلفات البذور نباتات بذرية تنتج بنى تناسلية تدعى الزهور والثمار، وتشيع تسميتها بالنباتات الزهرية. تشير عبارة مغلفات البذور Angiosperm (Angion من الإغريقية بمعنى " حاوية ") إلى بذور تحتويها الثمار (المبايض الناضجة). وتعد مغلفات البذور في وقتنا الراهن أكثر النباتات تنوعاً وانتشاراً (أكثر من 250.000 نوع، وتعادل تقريباً90% من مجمل أنواع النباتات).



شكل 41:8

A- الأزهار أو المخاريط المذكرة في ويلوتشيا.

B- تكبير الزهرة المذكرة.

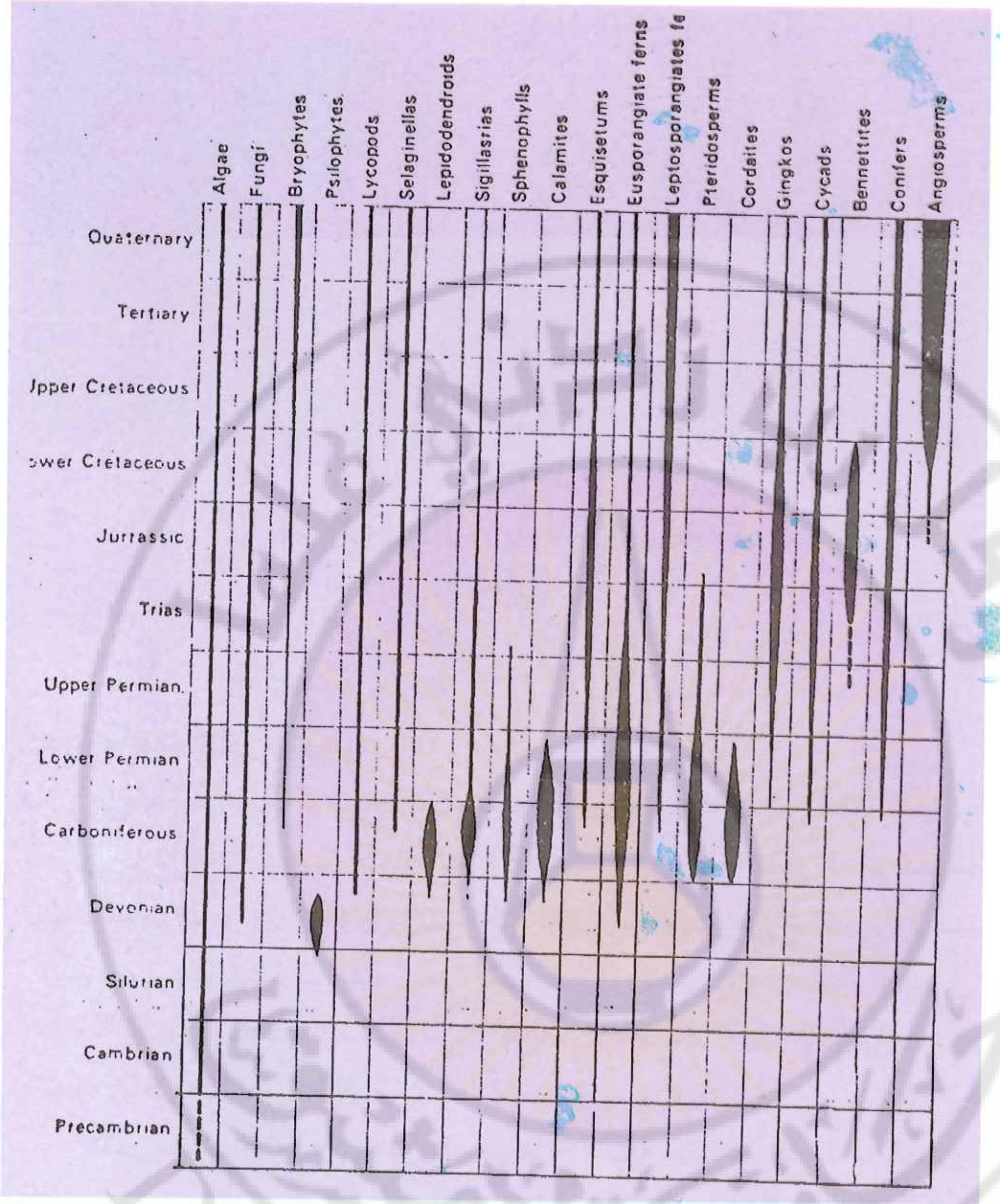
C- مخروط أنثوي.

D- زهرة مؤنثة.

تطور مغلفات البذور وتنوعها:

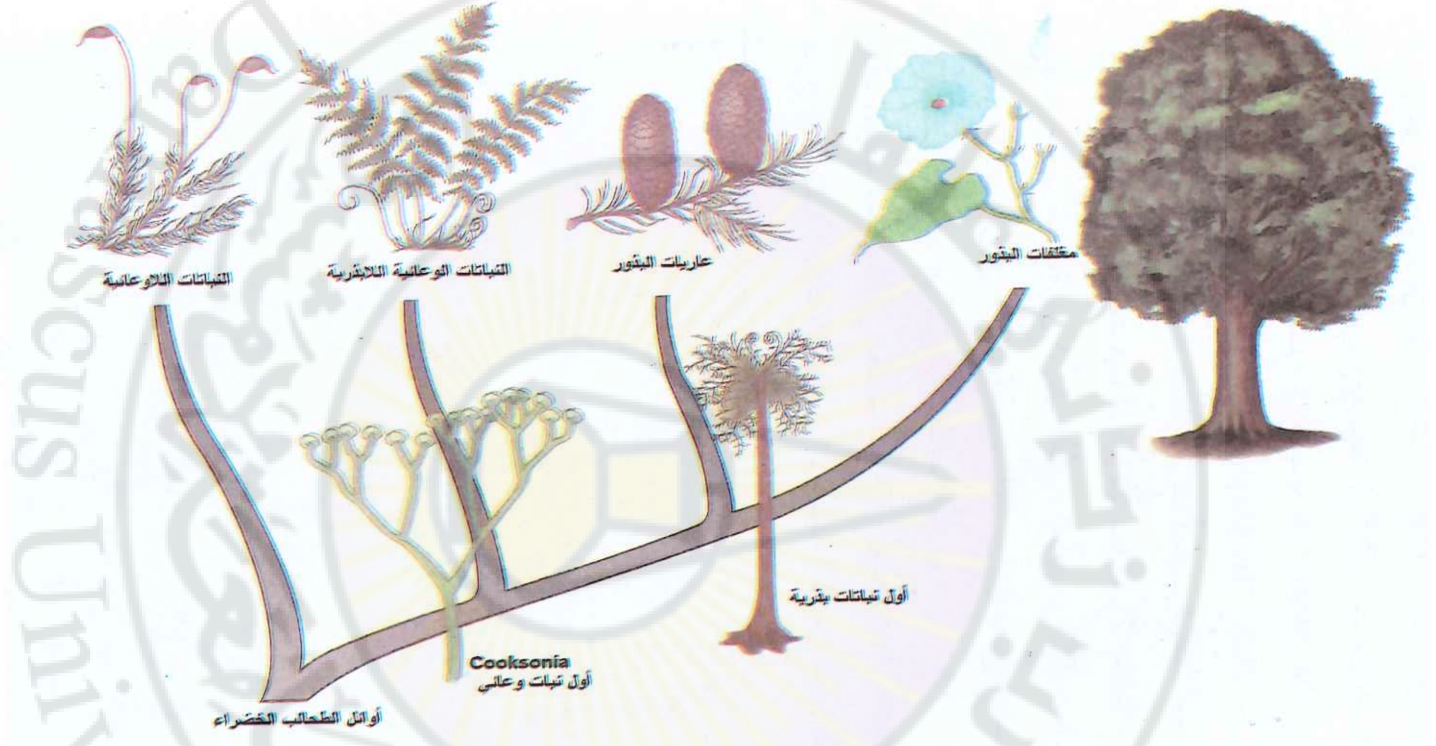
لطالما كانت مسألة توضيح أصل مغلفات البذور وتنوعها – ما دعاه تشارلز داروين مرة "باللغز المقيت" – حجر عثرة أمام علماء البيولوجيا التطورية. فقد كانت نشأة مغلفات البذور قبل 140 مليون سنة على الأقل، ثم تشعبت الفروع الكبيرة لهذه الزمرة عن سلفها المشترك خلال أواخر الحقبة الميزوزوية Mesozoic. غير أن مغلفات البذور لم تبدأ ببسط سيادتها على العديد من المنظومات البيئية حتى نهاية هذه الحقبة (شكل 42:8 و 43:8).

تعتبر مغلفات البذور – بأزهارها وثمارها – مختلفة تماماً عن عاريات البذور الحية أو المستحاثية، مما يجعل أصولها لغزاً. وفي سبيل الوصول إلى فهم الكيفية التي ظهر بها المخطط الهيكلي بمغلفات البذور، يعكف العلماء على دراسة المستحاثات المستكشفة حديثاً، والجينات النمائية Developmental Genes التي كانت أساس ظهور الأزهار التي تميزت بها مغلفات البذور.



شكل 42:8

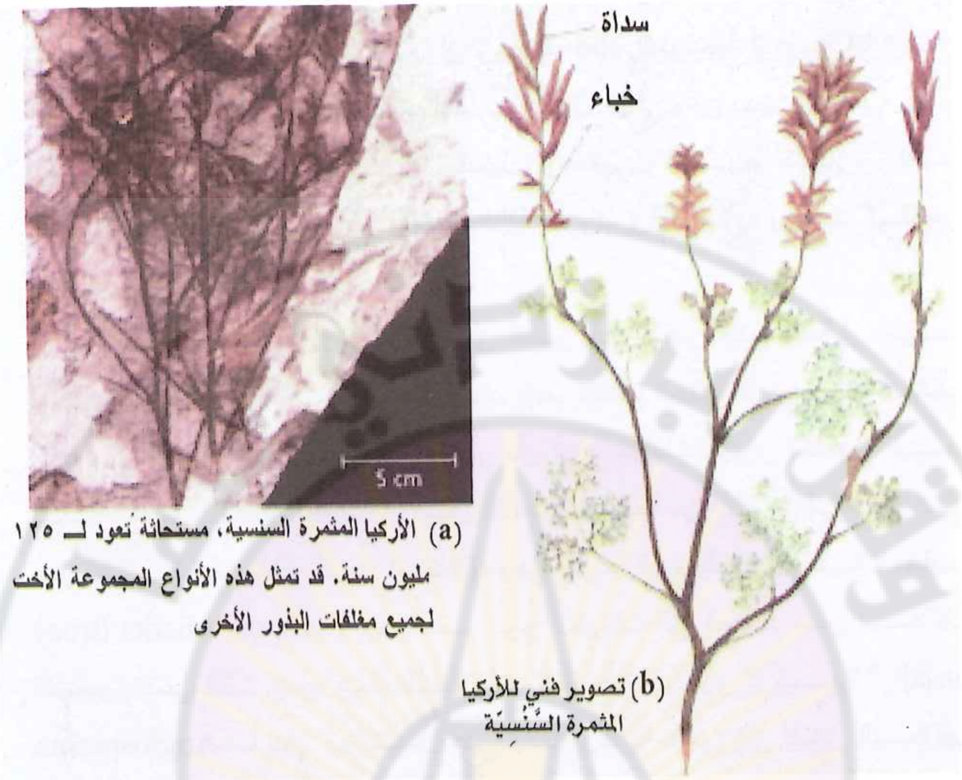
ظهور الزمر النباتية المختلفة عبر الأحقاب الجيولوجية


النباتات اللاوعائية
النباتات الوعائية اللابذرية
عاريات البذور
مغلفات البذور
أول نباتات بذرية
Cooksonia
أول نبات وعائي
أوائل الطحالب الخضراء

شكل رقم (43:8) تطور المجموعات النباتية الرئيسية

ففي أواخر التسعينات من القرن العشرين، اكتشف العلماء في الصين بعضًا من مستحاثات مغلفات البذور التي يرجع تاريخها إلى 125 مليون سنة. تسمى هذه المستحاثات الآن بالأركيا المثمرة الليانَنسية *Archaefructus liaoningensis* والأركيا المثمرة السّنسية *Archaefructus sinensis* (الشكل رقم 44:8) وتظهر فيها الخصال الأولية والمشتقة معاً، فمثلاً، للأركيا المثمرة السّنسية *A. sinensis* مآبر، وبذوراً داخل أخبية مغلقة، فيما لم يكن لها سبلات ولا بتلات. وفي عام 2002 أنجز العلماء مقارنة شعبوية بين الأركيا المثمرة السّنسية و173 نبات حي خلص الباحثون من خلالها إلى أن الأركيا المثمرة كانت من بين جميع المستحاثات النباتية المعروفة الأكثر صلةً بما هو حي من مغلفات البذور.

وإذا كانت الأركيا المثمرة "أولى مغلفات البذور Proto - Angiosperm " حقاً، فإن هذا يقترح أن أسلاف النباتات الزهرية كانت عشبية أكثر من كونها خشبية وأنها نشأت كنباتات مائية.



(a) الأركيا المثمرة السنسية، مستحاثة تعود لـــ ١٢٥ مليون سنة. قد تمثل هذه الأنواع المجموعة الأخت لجميع مغلفات البذور الأخرى

(b) تصوير فني للأركيا المثمرة السَنْسِيّة

شكل 44:8 a و b النبات المزهر البدائي

تنوعت مغلفات البذور منذ بداياتها المتواضعة في الحقبة الميزوزوية إلى أكثر من 250.000 نوع تسود الآن معظم المنظومات البيئية الأرضية. وحتى أواخر التسعينات من القرن العشرين كان معظم المصنفون يقسمون النباتات الزهرية إلى مجموعتين، معتمدين إلى حدٍ ما على عدد الفلقات (أو الأوراق البذرية) في الجنين. فكانت تدعى الأنواع ذوات الفلقة الواحدة بوحيدات الفلقة Monocots، وذوات الفلقتين

بثنائيات الفلقة Dicots. واستخدمت كذلك المظاهر الأخرى، كبنية الزهرة والورقة في تعريف المجموعتين. فمثلاً يكون لأوراق وحيدات الفلقة النموذجية أوعية متوازية ، فيما تكون الأوعية في معظم ثنائيات الفلقة ذات شكل شبكي.ومن بعض الأمثلة على وحيدات الفلقة: السحلبيات Orchids والنخيل، ومحاصيل الحبوب كالذرة والقمح والأرز. ومن بعض الأمثلة على ثنائيات الفلقة: الورد، والبازلاء، وعباد الشمس، والقيقب الشكل رقم (45:8) .

تشير دراسات الدنا الحديثة إلى أن التمييز على أساس ثنائي الفلقة أو وحيدها قد لا يعكس تماماً العلاقات التطورية بينها.ويدعم البحث الحالي الرأي القائل بتشكيل وحيدات الفلقة لفرع (مستقل) ،لكنه يوحي بأن أنواع مغلفات البذور المتبقية ليست أحادية السلف Monophyletic ،تشكل الأغلبية الواسعة من الأنواع التي دعيت على نحو تقليدي "ثنائيات الفلقة" فرعاً (مستقلاً)، وهي تعرف اليوم بثنائيات الفلقة الحقيقية Eudicots dicots (true) ، فيما تقسم اليوم الأخريات إلى العديد من السلالات الصغيرة تدعى ثلاث من هذه السلالات "مغلفات البذور الرئيسية" Basal Angiosperms لما يبدو أنها تشتمل على نباتات زهرية تنتمي إلى أكثر السلالات قدماً. وفيما بعد ، نشأت سلالة أخرى تعرف بالمغنولية Magnoliids.

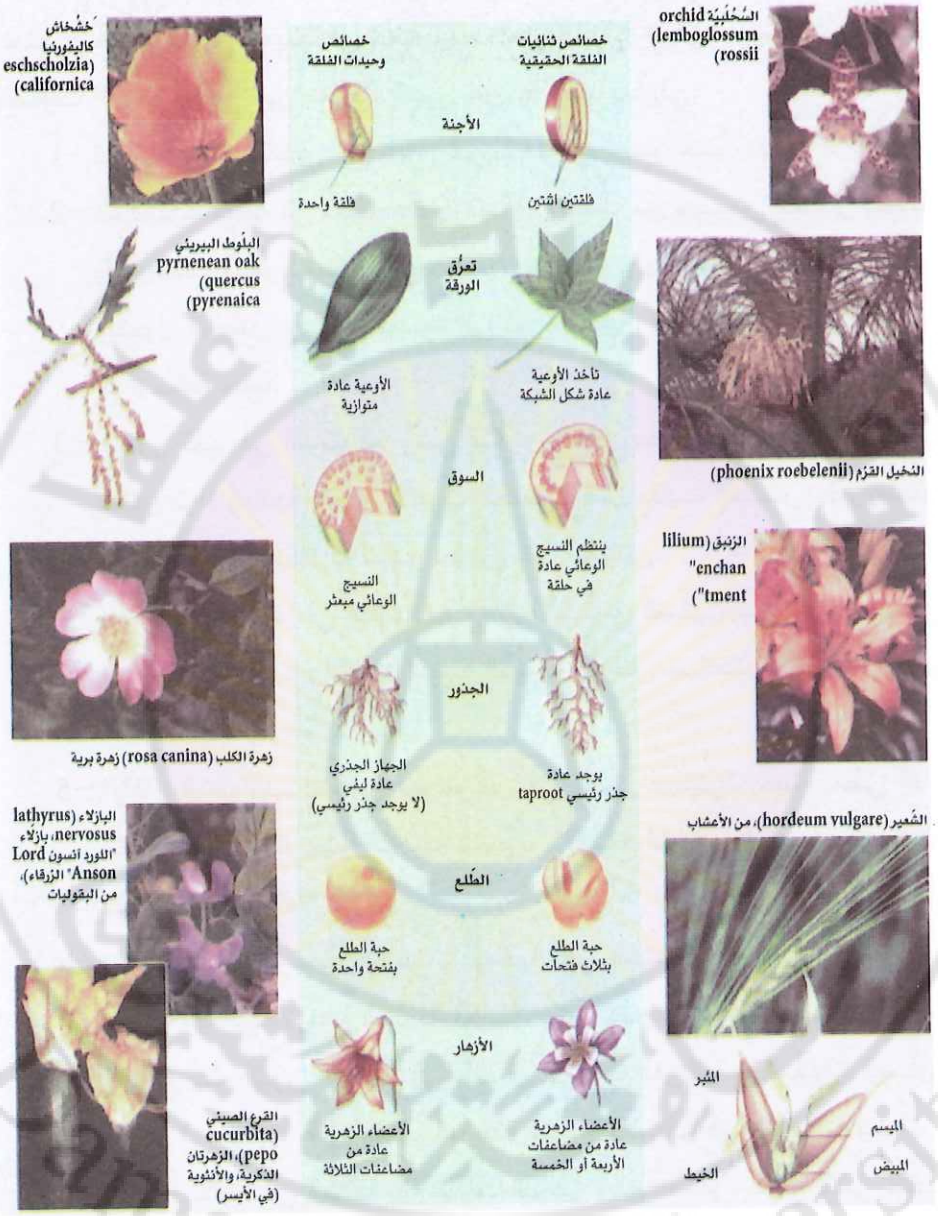
جامعة دمشق
Damascus University

وحيدات الفلقة

تشكّل وحيدات الفلقة أكثر من ربع (حوالي 70 ألف نوع) أنواع مغلفات البذور. وتمثّل هذه الأمثلة بعض كبرى عائلاتها.

ثنائيات الفلقة الحقيقية

تُشكل ثنائيات الفلقة الحقيقية في أنواع مغلفات البذور أكثر من الثلثين (170 ألف نوع تقريباً). تظهر في الأسفل تشكيلة زهرية متنوعة منها.


السَحْلَبيّة orchid (lemboglossum rossii)
خصائص ثنائيات الفلقة الحقيقية
خصائص وحيدات الفلقة
خَشْخاش كاليفورنيا (eschscholzia californica)
الأجنة
فلقتين اثنتين
فلقة واحدة
البلوط البيريني pyrnenean oak (quercus pyrenaica)
تعرُّق الورقة
تأخذ الأوعية عادة شكل الشبكة
الأوعية عادة متوازية
النخيل القزم (phoenix roebelenii)
السوق
ينتظم النسيج الوعائي عادة في حلقة
النسيج الوعائي مبعثر
الزنبق (lilium "enchantment")
زهرة الكلب (rosa canina) زهرة برية
الجذور
يوجد عادة جذر رئيسي taproot
الجهاز الجذري عادة ليفي (لا يوجد جذر رئيسي)
الشّعير (hordeum vulgare)، من الأعشاب
البازلاء (lathyrus nervosus، بازلاء "اللورد أنسون Lord Anson" الزرقاء)، من البقوليات
الطَلع
حبة الطلع بثلاث فتحات
حبة الطلع بفتحة واحدة
الأزهار
الأعضاء الزهرية عادة من مضاعفات الأربعة أو الخمسة
الأعضاء الزهرية عادة من مضاعفات الثلاثة
المئبر
الميسم
الخيط
المبيض
القرع الصيني (cucurbita pepo)، الزهرتان الذكرية، والأنثوية (في الأيسر)

الشكل 45:8

الصفات المميزة لكل من وحيدات الفلقة وثنائياتها

الصفات المميزة لمغلفات البذور

تُصنف مغلفات البذور جميعها في شعبة واحدة هي النباتات الزهرية ويمكننا أن نوجز الصفات الأساسية التي تميز مغلفات البذور عن عارياتها بما يلي:

1- تجتمع أعضاء التكاثر: الأسدية والبويضات في عضو متميز ندعوه الزهرة.

2- البويضات مغلفة في عضو يدعى المدقة، ويتألف من مبيض مغلق يحيط بالبويضات ويعلوه انتفاخ ندعوه بالميسم ويصل بينهما أنبوب ندعوه بالقلم. ويتحول المبيض بعد تمام نضجه إلى ثمرة حقيقية، بينما تتحول البويضة إلى بذرة مغلفة تماماً.

3- ضمور كبير في النبات العروسي الذكري الممثل بحبة الطلع التي تحوي نواتين نواة إعاشية تعطي الأنبوب الطلعي وتمثل بقايا المشرة العروسية والمنطفة، ونواة تكاثرية تعطي نطفتان غير مهدبتين.

4- ضمور كبير أيضاً في النبات العروسي الأنثوي الممثل بالكيس الجنيني المكون من ثمان نوى: نواة البيضة الكروية ونواتان مساعدتان وثلاث نوى مقابلة للقطب ونواتان ثانويتان.

5- الإلقاح المضاعف للنواتين الموجودتين في الكيس الجنيني، بحيث يعطي إلقاح النطفة الأولى والبويضة الكروية الجنين، وإلقاح النطفة الثانية والنواتين الثانويتين السويداء.

6- تتميز البنية التشريحية للخشب باحتوائها على الخشب غير المتجانس والذي يتطور ويعطي الأوعية الخشبية الكاملة، بينما لاحظنا وجود القصيبيات فقط في عاريات البذور. يضاف إلى ذلك أن الأنابيب الغربالية في مغلفات البذور تحوي إلى جانبها على الخلايا المرافقة التي لم نلاحظها في العاريات أيضاً.

7- وأخيراً نلاحظ أن العلاقة بين النبات البوغي والنبات العروسي في حلقة تناوب الأجيال في مغلفات البذور هي نفسها في العاريات، إلا أن ضمور النبات العروسي في المغلفات يكون أشد وضوحاً.

تتميز مغلفات البذور بأنها من النباتات الزهرية الأكثر تنوعاً فنلاحظ:

1- **تنوعاً في أنماطها المورفولوجية:** حيث نجد الأنواع العشبية التي لا تتجاوز السنتيمترات (عدس الماء)، والأنواع الخشبية التي تضم الشجيرات والأشجار الضخمة التي يزيد ارتفاعها عن 100 م (مثل أوكاليبتوس *Eucalyptus*).

2- **تنوعاً في أنماطها البيولوجية:** حيث نجد في تصنيف العالم رونكر Raunkier جميع الأنماط البيولوجية (ظاهرات الإلقاح نصفية خفيات الإلقاح، خفيات الإلقاح والنباتات المائية) بينما لا نجد هذا التنوع في عاريات البذور.

3- **تنوعاً في تطورها:** حيث نجد ثلاثة أنماط متميزة في مغلفات البذور هي:

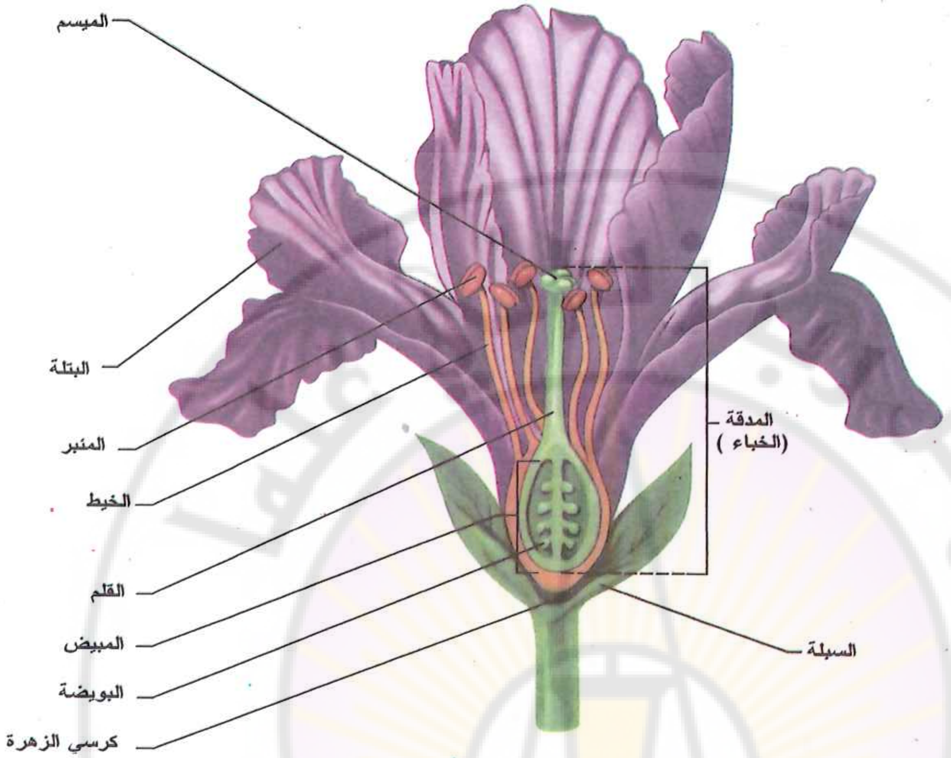
- النباتات الحولية تستمر حياتها لفترة إعاشية واحدة.
- النباتات ثنائية الحول: تستمر حياتها لفترتين إعاشيتين مفصولتين بشتاء واحد. وغالباً ما يتم الإزهار في الفترة الإعاشية الثانية.
- النباتات الدائمة التي يمكنها أن تعيش فترة طويلة قد تدوم عدة عصور، ولهذا فإن الأزهار قد تظهر بعد فترة تصل إلى 60 سنة من عمر الشجرة في البداية، ثم تبدأ بالظهور كل عام حتى موت الشجرة كما هي الحال في شجرة البلوط.

الزهرة في مغلفات البذور

أولاً- الشكل الظاهري للزهرة:

يختلف تعريف الزهرة Flower باختلاف طرق البحث التي تتحقق بها الدراسة الزهرية: ويمكن تعريفها بشكل عام بأنها عبارة عن محور مجهز بأوراق تخصص بعضها لأداء الوظيفة التكاثرية وإعطاء الثمار والبذور.

تختلف الأزهار في الحجم والشكل واللون وترتيب الأجزاء الأساسية التي تتكون منها لذلك تعد أساساً لتصنيف مغلفات البذور. تتألف الزهرة الكاملة في مغلفات البذور من أربعة أجزاء رئيسية هي من المحيط نحو الداخل (شكل رقم 46:8).


الميسم
البتلة
المئبر
الخيط
القلم
المبيض
البويضة
كرسي الزهرة
المدقة
(الخباء)
السبلة

شكل رقم 46:8 البنية التشريحية للزهرة المثالية

- **الكأس:** ويتألف من سبلات Sepals خضراء وعقيمة وحرة أو ملتحمة.
- **التويج:** ويتألف من بتلات Petals ملتحمة أو حرة ملونة تتوضع داخل السبلات وتتناوب معها وتحوي على الغدد الرحيقية في قاعدتها. ويشكل مجموع الكأس والتويج الكم الذي يقوم بوظيفة حماية الأعضاء التناسلية الحقيقية في الزهرة.
- **الجهاز التكاثري الذكري المتمثل بمجموعة من الأسدية Stamens** المتوضعة على كرسي الزهرة. وتتألف السداة من الخيط الذي يحمل المئبر الحاوي على حب الطلع.

❖ **الجهاز التكاثري الأنثوي المتمثل في المدقة:** التي تتكون من مجموعة من الأجزاء الخضراء المسماة الأخبية أو الكرابل Carpels. وتتألف كل كربلة أو خباء من جزء منتفخ هو المبيض الذي يحوي البويضة، يمتد ليعطي القلم الذي ينتهي بالميسم الحاوي على حليمات ناتجة عن امتداد خلاياه السطحية نحو الخارج.

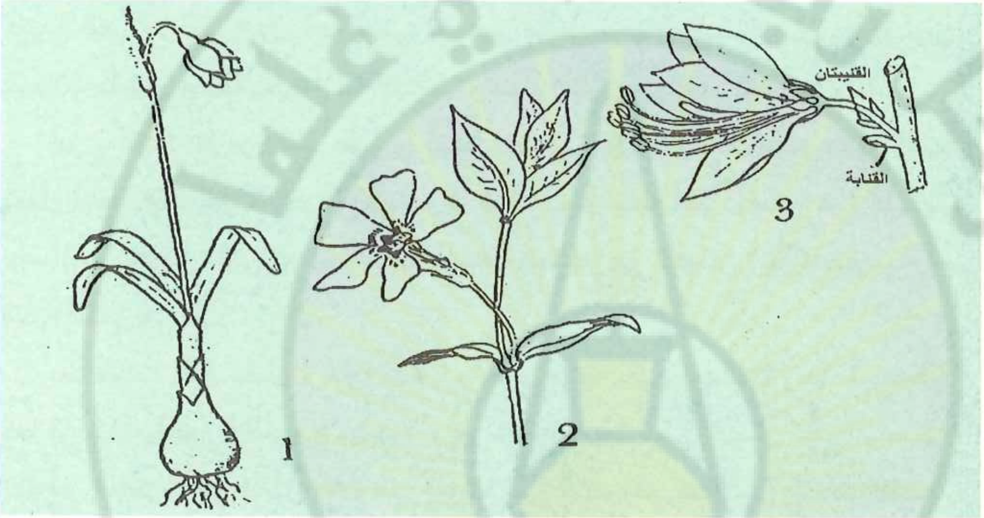
إلا أن هناك كثيراً من الشواذ عن هذه الزهرة، فمثلاً قد تزول كافة أقسام الكم كافة أو يزول أحد قسميه. تدعى الزهرة التي يزول كمها تماماً بالزهرة العارية أو بالزهرة عديمة الكم. أما التي يزول أحد قسمي الكم فيها فتدعى بعديمة البتلات، وقد تتلون السبلات بألوان مختلفة بحيث تشبه البتلات وعندئذ نطلق عليها اسم شبه بتلات.

أما إذا فقدت الزهرة أحد عضوي التكاثر فتدعى بالزهرة وحيدة الجنس، فإذا كانت تحمل أسدية فقط دعيت زهرة مذكرة، وإذا كانت تحمل مدقة فقط دعيت زهرة أنثى. بينما تدعى الزهرة التي تحمل الأسدية والمدقة معاً كما في الحوذان زهرة خنثوية أو ثنائية الجنس.

يعد النبات الذي يحمل أزهاراً مذكرة وأخرى مؤنثة بآن واحد نباتاً وحيد المسكن كما في نبات الجوز والخروع والحور وغيرها، بينما يعد ثنائي المسكن عندما يحمل الأزهار المذكرة على نبات، والأزهار المؤنثة على نبات آخر كما في نبات القنب والنخيل.

تتمايز الزهرة العادية في مغلفات البذور نتيجة نمو البرعم القمي للفارع الرئيسي أو للفوارع الجانبية. كما تتشكل الزهرة أيضاً، اعتباراً من البرعم الإبطي، فتنمو في هذه الحالة في إبط ورقة خضراء تدعى القنابة Bractee (شكل رقم 47:8 –1 و2). يحمل الزهرة على الساق عادة، محور أسطواني قصير، يمثل عنق الزهرة أو الشمراخ الزهري وغالباً ما يحمل في نقطة تفرعه عن الساق القنابة، وأحياناً يحمل أوراقاً خضراء أخرى هي القنيبات (شكل رقم 47:8 – 3) . قد يزول شمراخ الزهرة في بعض النباتات كالقمح والذرة فتسمى الزهرة لاطئة.

أما قمة الشمراخ المنتفخة فتدعى كرسي الزهرة الذي يمكنه أن يكون مسطحاً أو قرصياً أو محدباً أو مقعراً مع نماذج عديدة بينها وهو الذي يحمل الأجزاء السابقة للزهرة. يعد الشكل الدواري للزهرة أي توضع القطع الزهرية على شكل دوارات، المرحلة النهائية لتطورها، أما الشكل الحلزوني فيعد من أهم مميزات النباتات البدائية. ولهذا فإن معظم النباتات مغلفات البذور تحمل أزهاراً ذات توضع دواري ونادراً ما تكون لا دوارية، أو حلزونية التوضع كما في المغنوليا *Magnolia* أو نصف دوارية كما في الحوذان.



شكل 47:8

1- زهرة نهائية. التوليب *Tulipe*

2- زهرة جانبية في *Vinca major*

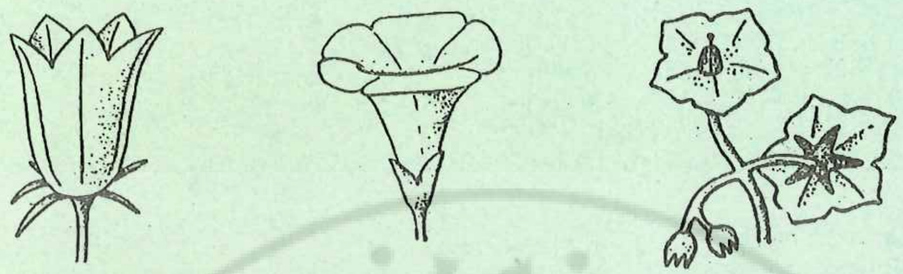
3- زهرة جانبية من ثنائيات الفلقة.

ثانياً – تناظر الزهرة:

توجد ثلاثة نماذج هي:

1- الزهرة المنتظمة أو شعاعية التناظر Actinomorphes:

وذلك عندما تكون القطع الزهرية منتظمة ومتناظرة بالنسبة إلى محور وقد تكون البتلات حرة وغير ملتحمة وقد تكون البتلات ملتحمة (شكل رقم 48:8).



زهرة البطاطا

زهرة نبات متسلق Liseron

زهرة منتظمة ملتحمة البتلات في Campanule

شكل رقم 48:8

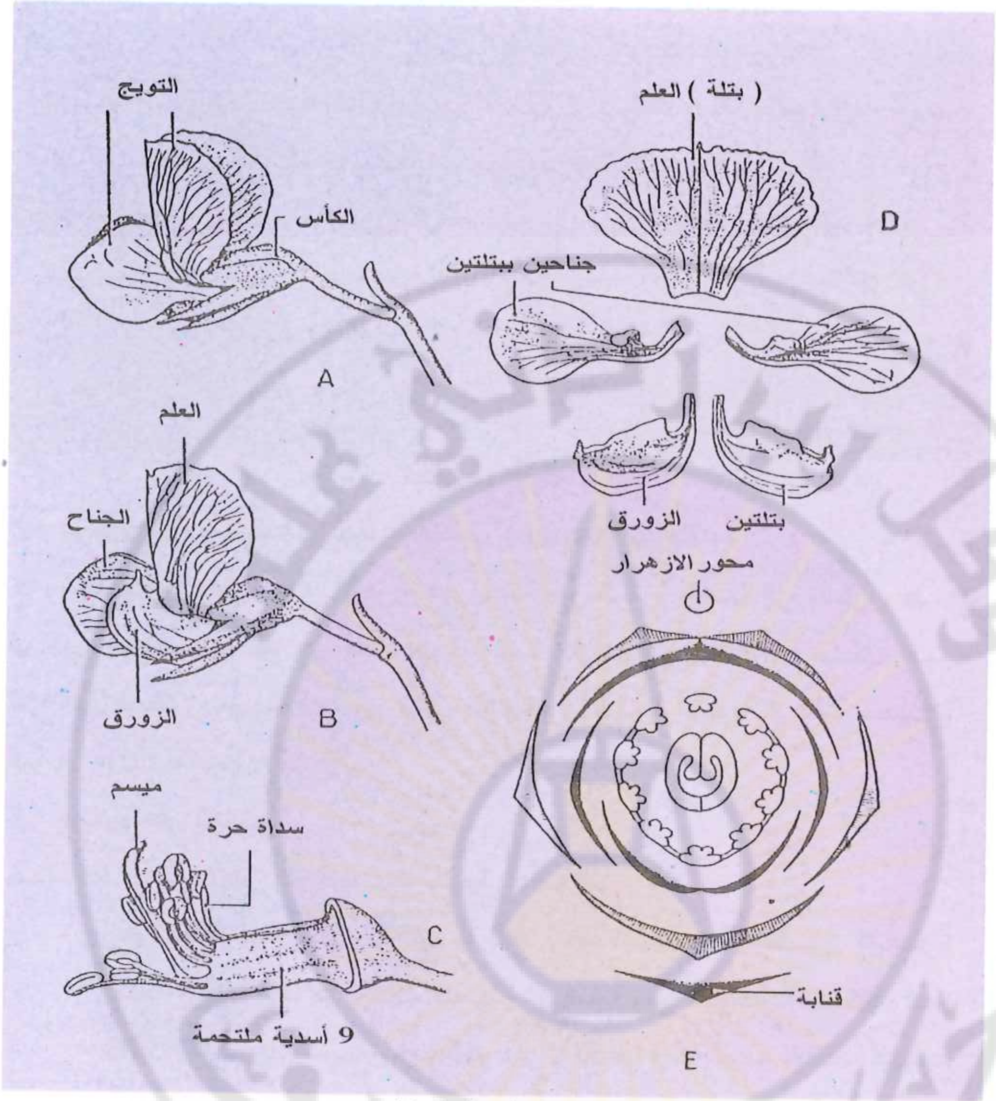
2- الزهرة غير المنتظمة أو جانبية التناظر Zygomorphes:

وذلك عندما تكون القطع الزهرية غير منتظمة ومتناظرة بالنسبة إلى مستو. وهنا قد تكون البتلات حرة كما هي الحال في البازلياء *Pisum sativum* (شكل رقم 46:8). وقد تكون ملتحمة كما هي الحال في نباتات الفصيلة الشفوية أو ذات لسينات كما هي نباتات الفصيلة المركبة.

3- الزهرة غير الكاملة:

عندما تفقد الزهرة بعض أجزائها لذلك نلاحظ عدة حالات:

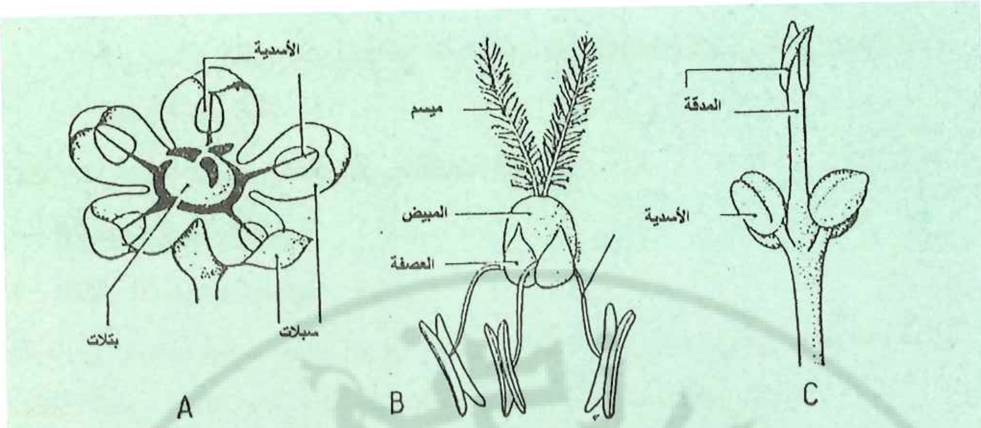
- **زهرة تفتقد لبعض أجزاء الكم:** قد تفتقد وجود التويج تماماً فتكون الزهرة عديمة البتلات كما في نباتات الفصيلة القراصية وفي الشوندر (شكل رقم 50:9- A)، وقد يقتصر وجود الكم على (2-3) قطعة تعد غلافاً للحبة وتدعى العصفة Lodicule في النجيليات (شكل رقم 50:8 - B). كما قد يزول الكم تماماً وتدعى الزهرة عارية أو عديمة الكم كما في نبات لسان العصفور *Fraxinus excelsior* (شكل رقم 50:8 - C). والصفصاف *Salix* (شكل رقم 51:8).
- **زهرة وحيدة الجنس:** يقصد بذلك الأزهار التي تحوي إما على الأسدية أو على المدقة كما هي الحال في الصفصاف (شكل رقم 51:8).


التويج
الكأس
A
العلم
الجناح
الزورق
B
ميسم
سداة حرة
C
9 أسدية ملتحمة
(بتلة) العلم
D
جناحين ببتلتين
الزورق
بتلتين
محور الازهرار
قنابة
E

شكل رقم 49:8

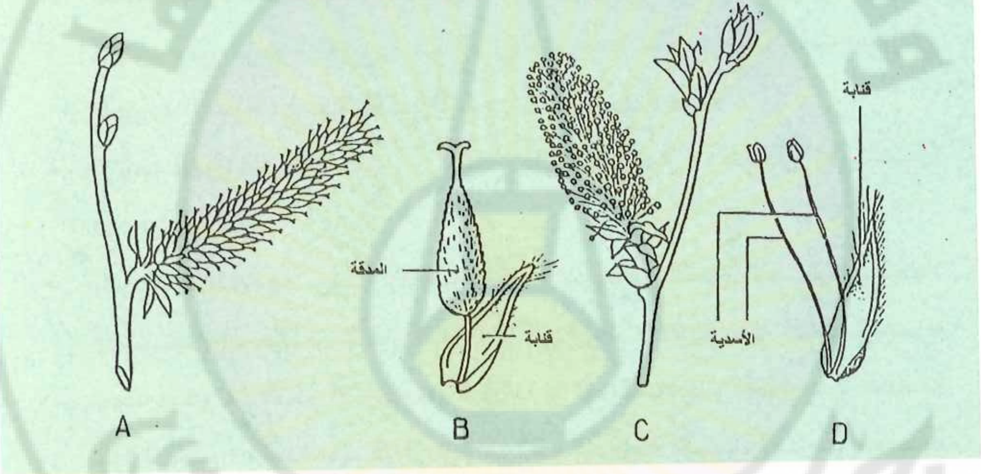
زهرة البازلياء جانبية التناظر ومنفصلة البتلات

(A) الزهرة الكاملة. (B) نزع إحدى البتلات الجانبية (الجناحية) لاظهار البتلتين الأماميتين المجتمعتين على شكل زورق (C) الأسدية. (D) التويج المكون من خمس بتلات منفصلة (العلم – الجناحين – الزورق) (E) المخطط الزهري.


الأسدية
ميسم
المدقة
المبيض
الأسدية
العصفة
بتلات
سبلات
A
B
C

زهرة عارية في لسان العصفور *Fraxinus excelsior* زهرة القمح زهرة الشوندر

شكل رقم 50:8 أزهار عديمة البتلات


قنابة
المدقة
قنابة
الأسدية
A
B
C
D

شكل رقم 51:8

A- الأزهار المؤنثة في الصفصاف *Salix*

B- زهرة أنثوية

C- الأزهار المذكرة في الصفصاف.

D- زهرة مذكرة معزولة

- **زهرة عديمة الجنس أو تحوي فقط على الكم:** وهي أزهار نادرة جداً حيث تلاحظ على النباتات التي تحوي على أزهار كاملة ونذكر كمثال عنها الزهرة

التي تحوي على الكم فقط في نبات الترنجان Bleuet البري الذي يتبع نباتات الفصيلة المركبة.

ثالثاً– دراسة أعضاء التكاثر في مغلفات البذور:

أ– الأسدية وحبات الطلع:

1– أشكال الأسدية وتجمعها:

ذكرنا أن الأسدية ليست سوى أوراق متطورة تمثل الجهاز الذكري في الزهرة، وفي مغلفات البذور يختلف وضع الأسدية داخل الأزهار باختلاف الأمور التالية:

- **شكل توضعها فوق كرسي الزهرة** حيث يمكن أن يكون هذا التوضع حلزوني كما هي الحال في الحوذان أو دواري كما هي الحال في معظم النباتات.
- **عددها:** حيث نلاحظ بشكل عام أن عدد الأسدية في الزهرة الحلزونية غير محدود وفي الزهرة الدوارية محدود وثابت ومميز للنوع أيضاً حيث يمكن أن تتساوى الأسدية مع بقية القطع الزهرية أو تصبح ضعفها.
- **ترتيب ظهورها:** حيث يمكن أن تظهر على شكل دوارة واحدة أو على شكل دوارين أو أكثر.
- **تفرعها والتحامها:** حيث نجد تنوعاً كبيراً سواء في التحام الأسدية نفسها: التحام الخيوط مثلاً أو التحام المآبر، أم في التحام الأسدية ببقية أقسام الزهرة حيث يمكن أن تلتحم الأسدية مع البتلات أو مع السبلات وأحياناً مع المدقة مؤلفة عضواً واحداً. كما في زهرة النباتات السحلبية ويسمى العضو عندها السداة الخنثى (شكل رقم 52:8).

وتجدر الإشارة إلى أن بعض الأسدية قد لا تستطيع إنتاج حبات الطلع فتضمر السداة وتتحول إلى ما يسمى شبه سداة Staminoides. وقد نشاهد أحياناً جميع المراحل المؤدية لتحول السداة الكاملة إلى سداة عقيمة، ثم إلى خيط ثم إلى شبه سداة أو غدة رحيقية (شكل رقم 52:8 – 21، 22، 23، 24). إن وجود أشباه الأسدية في زهرة وحيدة الجنس صفة ذات أهمية تاريخية بالنسبة لعلم النبات لأن ذلك يدل على أن هذه الزهرة تحولت إلى وحيدة الجنس بالإجهاض، وأن هناك أزهاراً وحيدة الجنس

طبيعية. ومن الممكن أن ينحصر تحول الأسدية وضمورها في دوار واحد فقط من دواري الأسدية، أو قد يقتصر التحول على قسم من أسدية دوار معين أو سداة واحدة فقط.

2- بنية السداة وتطورها:

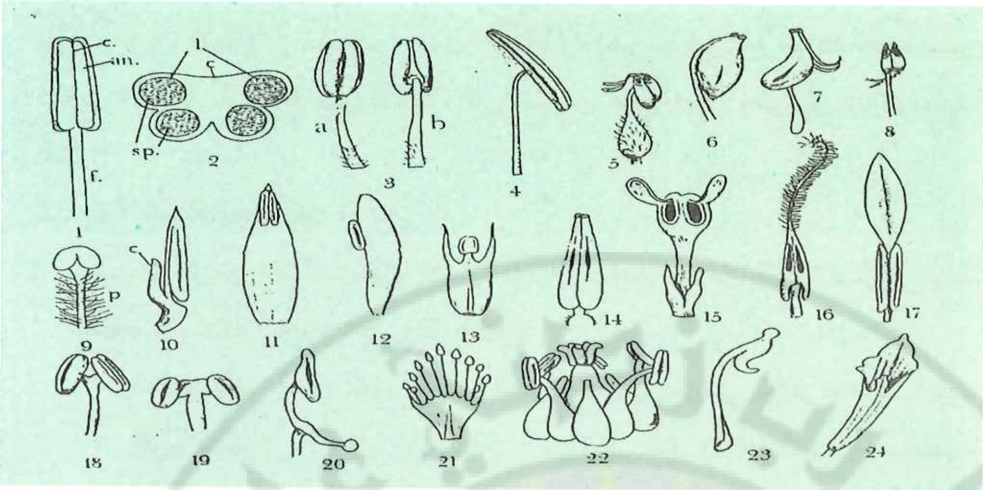
على الرغم من اختلاف شكل الأسدية باختلاف النباتات، فإن السداة بشكل عام تتألف من ثلاثة أقسام (شكل رقم 52:8):

أ- **الخيط:** وهو حامل دقيق تلتصق السداة بواسطته بكرسي الزهرة، غالباً ما يكون أسطواني (شكل رقم 52:8 - من1 إلى 4)، إلا أنه قد يكون مسطحاً (شكل رقم 52:8 - 11-13) . كما يمكن أن يزول فيصبح المئبر لاطئاً كما هي الحال في الخشخاش والقرع أو الكوسا أو يتفرع كما في الزيزفون والزعتر (شكل رقم 52:8 -18-19).قد يحمل الخيط أهداباً كما في نبات البوصير *Verbascum* (شكل رقم 52:8 -9).

ب- **الواصل:** وهو عبارة عن امتداد الخيط داخل المئبر. فإذا اخترقه من الأسفل كان المئبر مثبتاً من القاعدة وهي الحالة الأكثر انتشاراً (شكل رقم 52:8 -1 و3)، ولكن قد يكون الارتكاز في الوسط كما في الفصيلة النجيلية (شكل رقم 52:8 -4) أو في القمة كما في نباتات الفصيلة الأريكية Ericaceae (شكل رقم 52:8 -من 5 إلى 8).

ت- **المئبر:** وهي كتلة منتفخة ومتطاولة، تتألف من مسكنين يقعان على طرفي الواصل. ويتألف كل مسكن من كيسين طلعيين تتشكل فيهما حبات الطلع. ويمكننا أن نشبه الكيس الطلعي بكيس الأبواغ الصغير Microsporange الذي لاحظناه في عاريات البذور وخفيات الإلقاح مع فارق أساسي هو وجوده في مغلفات البذور على الوجه العلوي للورقة المتطورة (السداة) بينما لاحظناه على الوجه السفلي للوريقات في عارياتها.

يأخذ المئبر أشكالاً عديدة (شكل رقم 52:8) فمنه المتطاول أو الكلوي أو القرصي أو الكروي. يتكون المئبر على المقطع العرضي من الطبقات التالية (شكل رقم 53:8).



(شكل رقم 52:8)

النماذج المختلفة للاسدية

١-٤ - السداة المكونة من خيط (F) والواصل (C)، والمبئر (an) مع توضيح طريقة ارتكاز الخيط .

٥-٨ - مئبر تاجي الشكل في نماذج من الفصيلة الاريكية Ericaceae .

٩ - السداة التي تحمل أهدابا حمراء على خيطها في نبات Verbascum .

١٠- السداة في نبات Borrago .

١١- السداة ذات الخيط المسطح في نبات Nymphaea .

١٢- السداة المسطحة بشكل بتلة في الكنا Canna .

١٣- السداة ذات الخيط المسطح الحامل لزائدتين في نبات البصل Allium .

١٤- السداة في البندورة Solanum Lycopersicum .

١٥- المآبر المتحمة في نبات Atherosperma .

١٦- السداة ذات الواصل المتطاول والمزين بالاهداب في نبات Nerium .

١٧ السداة ذات الواصل المتطاول والمنتهي بصفيحة في Halicnomensis .

١٨- الخيط المتفرع في سداة الزيزفون .

١٩- الخيط المتفرع في سداة الزعتر Thymus .

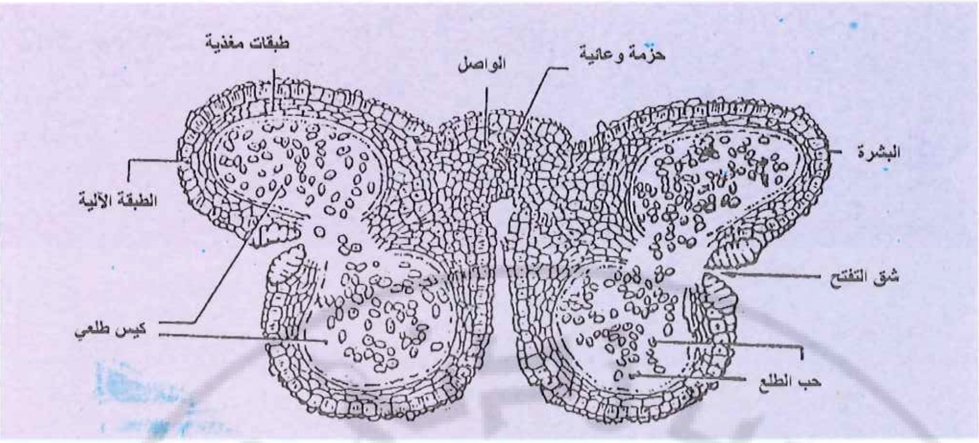
٢٠- الخيط المتفرع في سداة أحد المآبر مخصب فقط في نبات Salvia .

٢١- شبه السداة المنتهية بغدد رحيقية في نبات Parnassia .

٢٢- زهرة نبات Erodium تحوي على (٥) أسدية مخصبة و (٣) أشباه اسدية .

٢٣- غدة رحيقية في نبات Aconti .

٢٤- اكليل من الرحيق في الخربق Helleborus .



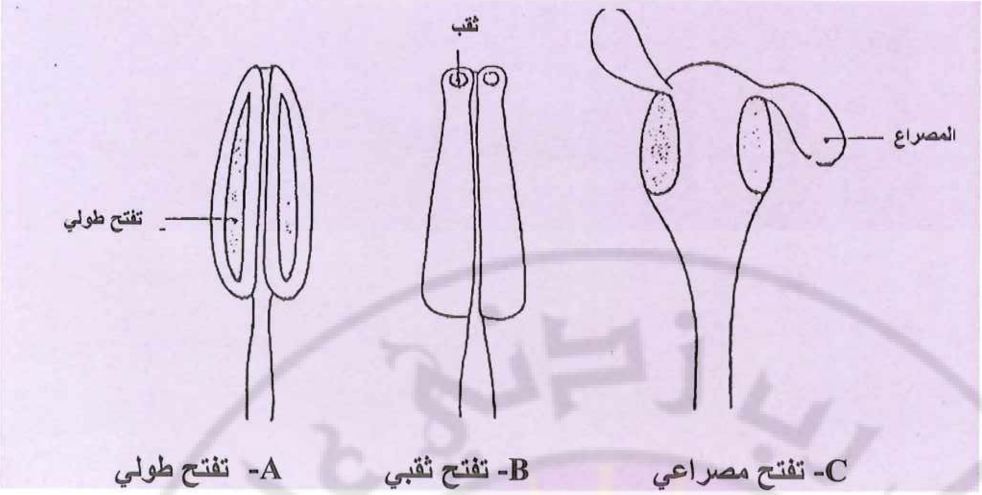
شكل رقم 53:8

مقطع عرضي في مئبر فتي للزنبق الأبيض

- **البشرة** التي تتألف من طبقة من الخلايا السللوزية رقيقة الجدران المحيطة بالمئبر تقريباً تاركة فتحة صغيرة هي شق الفتح.

- **الطبقة الآلية:** طبقة أو عدة طبقات من الخلايا التي تلي البشرة. خلاياها سيللوزية تتخشب بعض أجزائها، بينما تبقى الأجزاء الأخرى سيللوزية. إن جفاف خلايا هذه الطبقة يؤدي إلى تشقق الكيس الطلعي وخروج حبات الطلع (شكل رقم 54:8). ويأخذ التشقق ثلاثة أشكال هي:

- التشقق الطولي: حيث يحدث شق طولي في كل من نصفي المئبر وذلك حسب الثلم الواقع بين الكيسين (شكل رقم 54:8 –A).
- التشقق الثقبي : يتشقق المئبر بوساطة ثقوب تقع في أعلاه أو في أسفله وذلك عندما لا يحيط بالأكياس الطلعية طبقة آلية أو تكون هذه الطبقة ضامرة وتقع فقط في ذروة الكيس الطلعي كما هي الحال في نبات البطاطا والدبق (شكل رقم 54:8 – B).
- التشقق المصراعي: حيث يأخذ الشق شكلاً هلالياً فتنشأ دسامات على شكل مصاريع كما هي الحال في نبات البرباريس *Berberise* (شكل رقم 54:8 –C) .

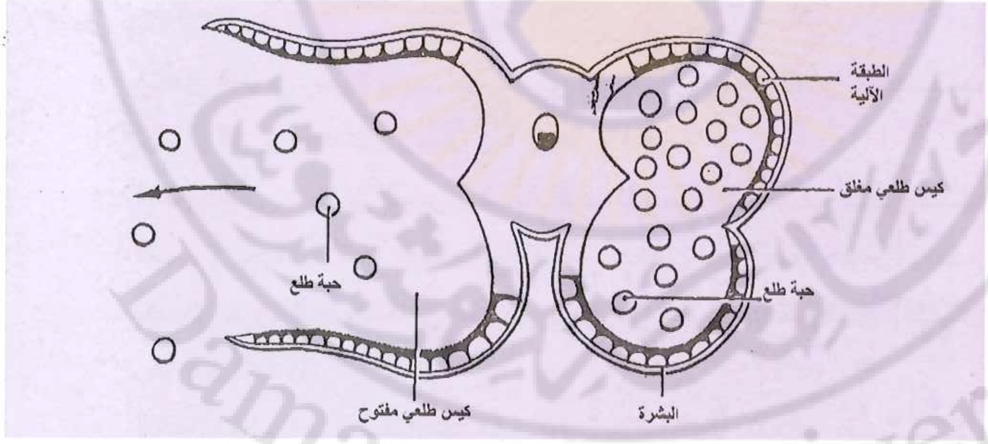

ثقب
المصراع
تفتح طولي

C- تفتح مصراعي B- تفتح ثقبي A- تفتح طولي

شكل رقم 54:8

الطرق المختلفة لتفتح المئبر

- **الطبقة المغذية:** وتتألف من عدة طبقات من الخلايا السيللوزية التي تزول تدريجياً بسبب تغذية حبات الطلع. لذلك تكون واضحة في المئبر الفتي. بينما تضمحل في المئبر الناضج بشكل يصبح معه فارغاً إلا من بعض حبات الطلع التي نشأت عن الخلايا الأم المولدة لحبات الطلع (شكل رقم 55:8).

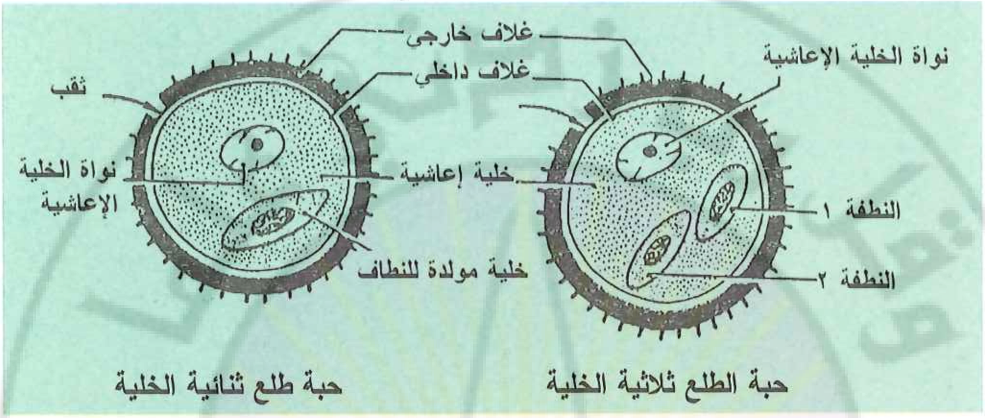

الطبقة الآلية
كيس طلعي مغلق
حبة طلع
حبة طلع
كيس طلعي مفتوح
البشرة

شكل رقم 55:8

تشقق المئبر الناضج وخروج حب الطلع.

3- بنية حبات الطلع وطريقة تطورها:

يعد الشكل العام لبنية حبات الطلع واحداً تقريباً في جميع مغلفات البذور (شكل رقم 56:8)، حيث لا نجد الاختلافات الكبيرة التي لاحظناها في حبات الطلع عند عاريات البذور. ولكن الشكل الخارجي لهذه الحبات يختلف باختلاف الفصائل والأنواع النباتية المتباينة (شكل رقم 57:8).


غلاف خارجي
غلاف داخلي
نواة الخلية الإعاشية
ثقب
نواة الخلية الإعاشية
خلية إعاشية
النطفة ١
النطفة ٢
خلية مولدة للنطاف

حبة طلع ثنائية الخلية

حبة الطلع ثلاثية الخلية

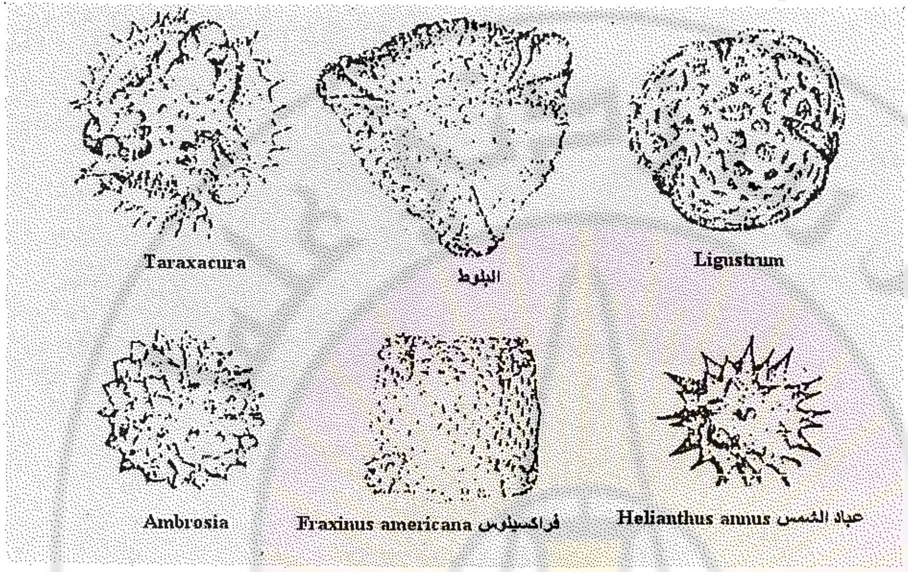
شكل رقم 56:8

الشكل العام لحبات الطلع

تتألف حبة الطلع الفتية من غلاف خارجي ثخين يتميز بتزينات شبكية ويتلون بالأخضر. ومن غلاف داخلي رقيق سيللوزي ومن نواة أحادية الصيغة الصبغية (n). بينما تتألف حبة الطلع الناضجة من خليتين أو ثلاث: خلية إعاشية وخلية أو اثنتين مولدة للنطاف تحوي نواة كل منهم على (n) صبغي (شكل رقم 56:8).

يبدأ تشكل حبات الطلع مع بدء تشكل المئبر وتمايزه حيث نلاحظ أن تشكل المئبر ينطلق من كتلة بارانشيمية قسومة محاطة ببشرة. تتمايز هذه الكتلة إلى أربعة أقسام تتمايز فيها تحت البشرة أربع زمر خلوية معدة لتكوين الأكياس الطلعية وقسم في المنتصف يعطي منطقة الواصل ويتألف من حزمة ناقلة (وعائية لحائية) ذات بنية أولية ويحيط بها خلايا بارانشيمية.

تتمايز الخلايا الأم المولدة لحبات الطلع في مركز كل كيس طلعي، حيث تنقسم النوى في هذه الخلايا في بادئ الأمر انقسامات خيطية. ثم بعد ذلك تعاني كل خلية أم من هذه الخلايا انقساماً منصفاً يؤدي إلى أربعة أبواغ رباعية Tetraspores أو حبات طلع أحادية الصيغة الصبغية.

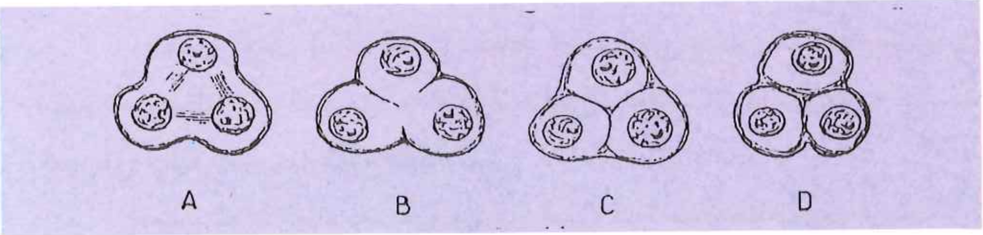

Ligustrum
البلوط
Taraxacura
Helianthus annus عباد الشمس
Fraxinus americana فراكسينوس
Ambrosia

شكل رقم 57:8

بعض الأشكال الخارجية لحبات الطلع في مغلفات البذور

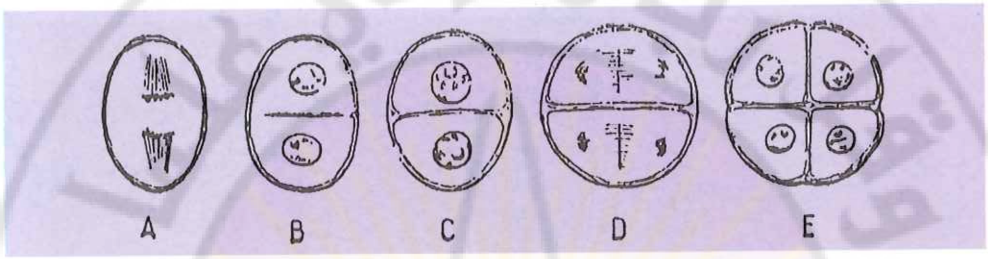
يتشكل الحاجز الفاصل بين الخلايا النبات الأربع (الأبواغ الرباعية) بصورة متوافقة أي بعد نهاية الطور الرابع من الانقسام الثاني في الانقسام المنصف. كما هي الحال في ثنائيات الفلقة (شكل رقم 58:8)، بينما يتشكل هذا الحاجز بصورة متتالية لدى أغلب النباتات أحاديات الفلقة (شكل رقم 59:8).

ثم يتم تطور الأبواغ الدقيقة إلى (4) حبات طلع ناضجة، وذلك بانقسام خلية البوغة الدقيقة إلى خليتين: إعاشية وتكاثرية وفق الشكل (رقم 60:8) ستعطي الأولى منهما الأنبوب الطلعي والثانية الأعراس. قد تضمر ثلاث من الخلايا الأربع السابقة لتتابع الرابعة فقط تطورها مكونة حبة الطلع كما هي الحال في بعض الأنواع النباتية.



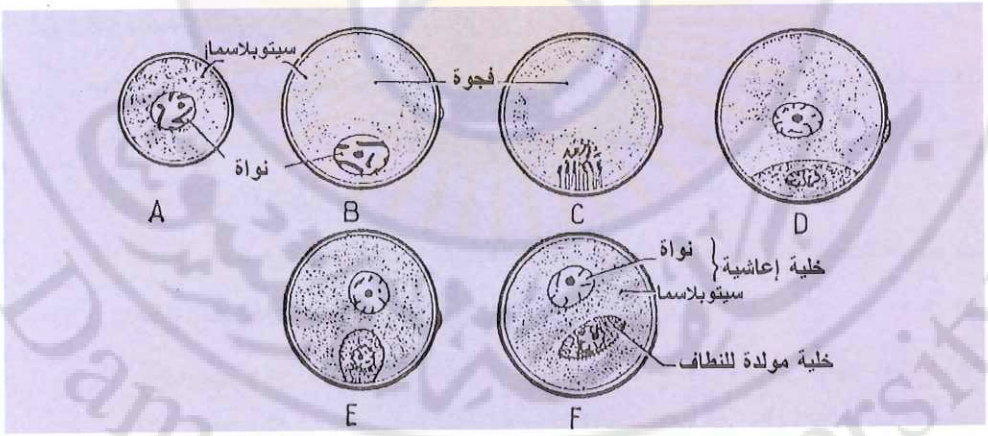
شكل رقم 58:8

المراحل المختلفة لتشكل الحاجز الفاصل بين الخلايا الطلعية في أثناء الانقسام المنصف في ثنائيات الفلقة (تشكل متواقت).



شكل رقم 59:8

المراحل المختلفة لتشكل الحاجز الفاصل بين الخلايا الطلعية في أثناء الانقسام المنصف في معظم أحاديات الفلقة (تشكل بالتتالي).

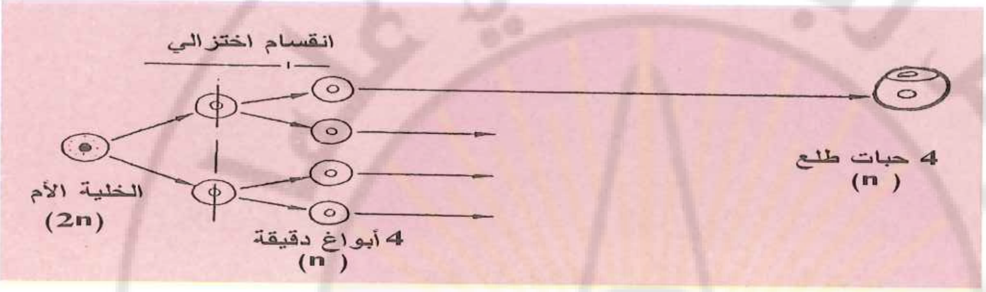

سيتوبلاسما
سيتوبلاسما
فجوة
نواة
A
B
C
D
نواة
خلية إعاشية
سيتوبلاسما
خلية مولدة للنطاف
E
F

شكل رقم 60:8

مراحل تطور البوغة الدقيقة إلى حبة طلع ناضجة

ويلخص الشكل (رقم 61:8) مخططاً لتشكل أربع حبات طلع (n صبغي) اعتباراً من الخلية الأم المولدة للأبواغ (2n صبغي)، معلناً ابتداء مرحلة النبات العروسي اعتباراً من حبة الطلع الفتية.

تقضي حبات الطلع بعد خروجها من المئبر فترة حياة بطيئة قبل أن تنتش، تختلف باختلاف الأنواع النباتية، فهي تدوم ليوم واحد بالنسبة لنباتات الفصيلة النجيلية، وحوالي (70) يوماً للفصيلة الحوذانية، وحوالي (80) يوماً للفصيلة الزنبقية وحوالي (100) يوم للفصيلة الوردية.



شكل رقم 61:8

مخطط لتشكل أربع حبات طلع (n) اعتباراً من الخلية الأم المولدة للأبواغ (2n) في مغلفات البذور.

ب- البويضة والكيس الجنيني:

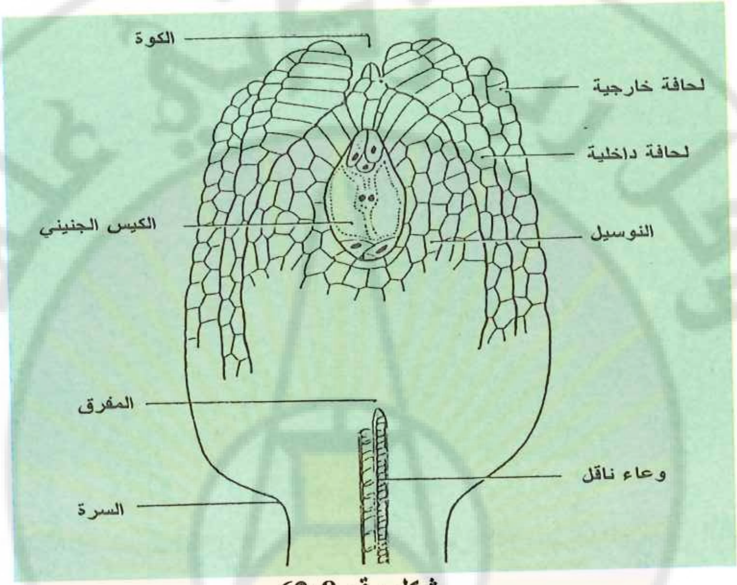
تتميز البويضة في مغلفات البذور بأنها صغيرة مقارنة مع البويضة في عاريات البذور إذ لا تتجاوز أجزاء الميليمتر. وتتألف البويضة الناضجة بشكل عام من الأجزاء التالية (شكل رقم 62:8).

1- **الحبل السري**: وهو عبارة عن خيط دقيق يصل البويضة مع المشيمة ويعرف مكان اتصاله بالبويضة باسم السرة.

2- **النوسيل**: وهو عبارة عن كتلة مركزية من خلايا بارانشيمية تظهر أول الأمر فوق المشيمة. ثم لا تلبث أن تتمايز داخله خلية أكبر من الخلايا الأخرى وهي الخلية الأم للأبواغ الرباعية التي قد تتشكل تحت بشرة النوسيل مباشرة، (شكل رقم 8:63- A) أو في أعماق هذا النوسيل (شكل رقم 8:63- B).

3- **الكيس الجنيني:** والذي يحوي غالباً على ثمانية خلايا تمثل النبات العروسي أو طليعة المشرة الأنثوية الصغيرة جداً.

4- **اللحافتان:** وهما غلافان يحيطان تماماً بالنوسيل من أسفله، تاركين فتحة في الأعلى تدعى الكوة، كما يدعى المكان الذي تنفصل فيه اللحافة الداخلية عن النوسيل من الأسفل باسم المفرق (شكل رقم 62:8).



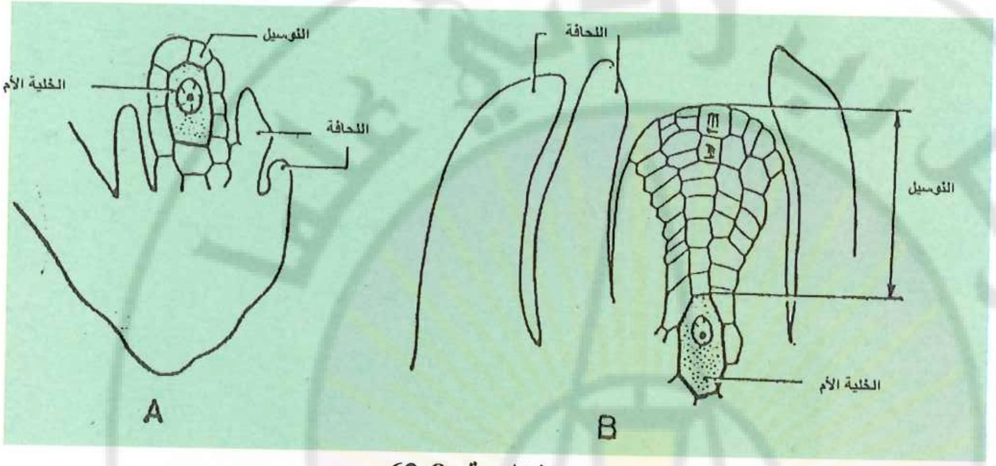
شكل رقم 62:8

بنية البويضة في مغلفات البذور

تتصف النباتات وحيدة الفلقة بكون البويضات فيها ذات لحافتين، أما النباتات ثنائيات الفلقة فإن البويضات في بعضها تحوي لحافة واحدة، وفي بعضها الآخر تحوي لحافتين. مع العلم أن هناك نباتات لا تحوي بويضاتها على لحافة كما هي الحال في بعض النباتات المتطفلة كالدبق. تأخذ البويضة ثلاثة أشكال مختلفة هي:

- **البويضة المستقيمة:** وتصادف في بعض مغلفات البذور (وهي سائدة في عارياتها) مثل الدلب والجوز والقراص (شكل رقم 64:8- A).

- **البويضة المنحنية:** وتصادف في النباتات عديمة البتلات مثل الفصيلة التوتية والقنبية، كما تصادف في النباتات منفصلة البتلات مثل الفصيلة الصليبية والقرنفلية (شكل رقم 8:64- B) .
- **البويضة المقلوبة:** وهي الصفة السائدة في بويضات معظم النباتات. ويؤدي انقلاب البويضة إلى التصاق الحبل السري بجدارها وتدعى القطعة الملتصقة من هذا الحبل باسم الدرز Raphe (شكل رقم 8:64- C).



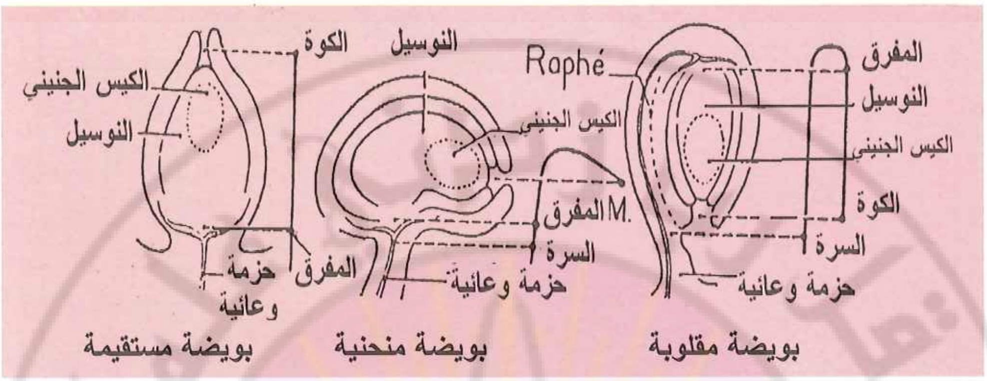
شكل رقم 63:8

A- الخلية الأم المولدة للأبواغ الرباعية تحت بشرة النوسيل مباشرة في السحلب Orchide.

B- الخلية الأم المولدة للأبواغ الرباعية في أعماق النوسيل في Quisquats indica

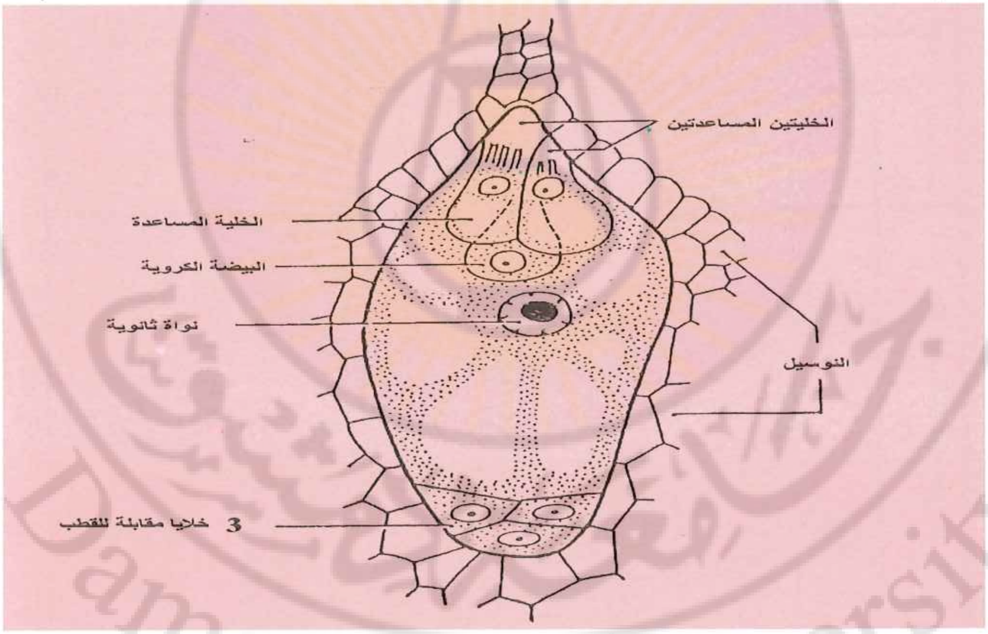
أما تشكل الكيس الجنيني فيتم عندما تنقسم نواة الخلية الأم المولدة للأبواغ الرباعية الكبيرة انقساماً منصفاً لإعطاء أربع خلايا (n صبغي) تضمحل ثلاث منها وتتطور الرابعة فقط لإعطاء الكيس الجنيني، حيث تنقسم نواتها إلى نواتين ثم إلى أربع ثم يعطي الانقسام الخيطي الأخير النوى الثماني للكيس الجنيني، تنفرد هذه النوى في خلايا حيث يمكننا أن نميز في الكيس الجنيني الكهل: البيضة الكروية أو العروس الأنثى، والخليتين المساعدتين اللتين توجدان بالقرب من الكوة، وتوجد في القطب

المقابل الخلايا الثلاث المقابلة للقطب ، وأخيراً هناك النواتان الباقيتان اللتان تتحدان لإعطاء نواة ثنائية الصيغة تدعى بالنواة الثانوية. وهكذا نرى أن الطور العروسي المؤنث قصير جداً إذ يقتصر على تشكيل الكيس الجنيني الناضج (شكل رقم 65:8).


المفرق
النوسيل
الكيس الجنيني
الكوة
السرة
حزمة وعائية
بويضة مقلوبة
Raphé
النوسيل
الكيس الجنيني
M. المفرق
السرة
حزمة وعائية
بويضة منحنية
الكوة
الكيس الجنيني
النوسيل
حزمة وعائية
المفرق
بويضة مستقيمة

شكل رقم 64:8

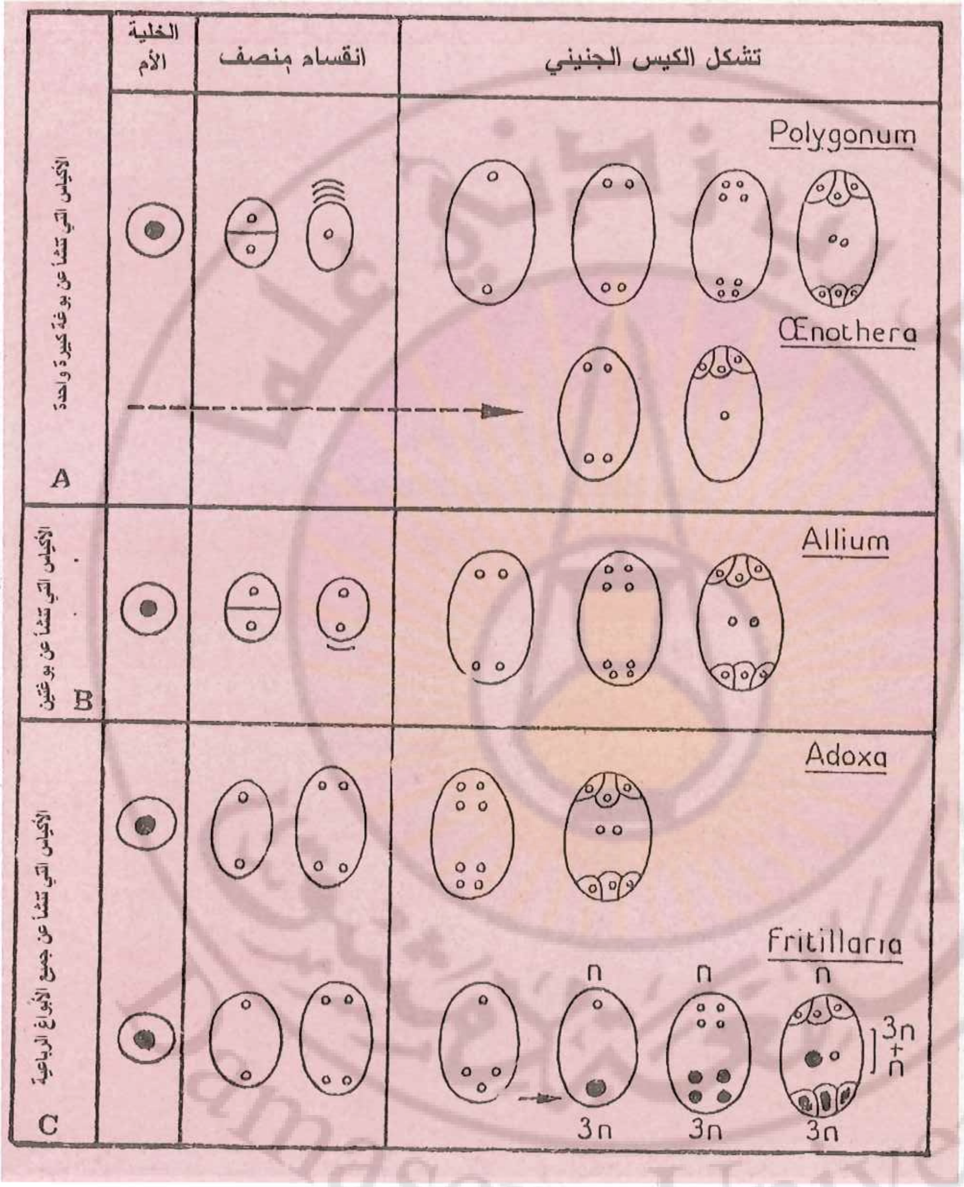
النماذج المختلفة للبويضة في مغلفات البذور


الخليتين المساعدتين
الخلية المساعدة
البيضة الكروية
نواة ثانوية
النوسيل
3 خلايا مقابلة للقطب

شكل رقم 65:8

بنية الكيس الجنيني الناضج في مغلفات البذور (نموذج بولي غونيوم *Polygonum*)

هناك عدة نماذج للكيس الجنيني تختلف باختلاف عدد الأبواغ التي تساهم في تشكيل هذا الكيس من جهة وعدد الانقسامات التي تحدث داخل الكيس وتساهم في تشكيله من جهة أخرى (شكل رقم 66:8):


الخلية الأم
انقسام منصف
تشكل الكيس الجنيني
الأكياس التي تنشأ عن بوغة كبيرة واحدة
A
Polygonum
Œnothera
الأكياس التي تنشأ عن بوغتين
B
Allium
الأكياس التي تنشأ عن جميع الأبواغ الرباعية
C
Adoxa
Fritillaria
n
n
n
3n
+
n
3n
3n
3n

شكل رقم 66:8

النماذج المختلفة للكيس الجنيني

- **الأكياس التي تنشأ عن بوغة كبيرة واحدة:**

وهي النوع السائد غالباً لأنها تشكل حوالي 70% من النباتات مغلفات البذور وأهمها نموذج البولي غونوم *Polygonum* الذي يتشكل فيه الكيس الجنيني على النحو الذي ورد في الفقرة السابقة، مع الإشارة إلى اضمحلال الخلايا الثلاث الواقعة بالقرب من الكوة كما يشير الشكل (66:8) أيضاً. ونموذج الأوينوتيرا *Oenothera* الذي سمي باسم نفس الفصيلة النباتية التي يحدث فيها، ويختلف عن النموذج السابق في ناحيتين: تتمثل الأولى في سلوك الرباعية الناتجة عن الانقسام المنصف إذ تتطور فيها الخلية الأكثر قرباً من الكوة (عكس السابق). وتتمثل الناحية الثانية بعدم حدوث الانقسامات الخيطية الأربعة الأخيرة، مما يؤدي إلى اقتصار تكوين الكيس على أربع خلايا تضم البيضة الكروية والخليتين المساعدتين والخلية الثانوية (n) المعدة لتكوين السويداء.

- **الأكياس التي تنشأ عن بوغتين من الأبواغ الرباعية:**

كما هي الحال في نموذج البصل *Allium* الذي يتشكل فيه الكيس الجنيني على النحو التالي: يعطي الانقسام المنصف الأول خليتين للأبواغ الكبيرة لا تنفصلان تماماً (بوغة ثنائية النوى) فنحصل من هاتين الخليتين على كيس جنيني نموذجي يضم ثماني خلايا كما في الشكل (رقم 66:8).

- **الأكياس التي تنشأ عن جميع الأبواغ الرباعية:**

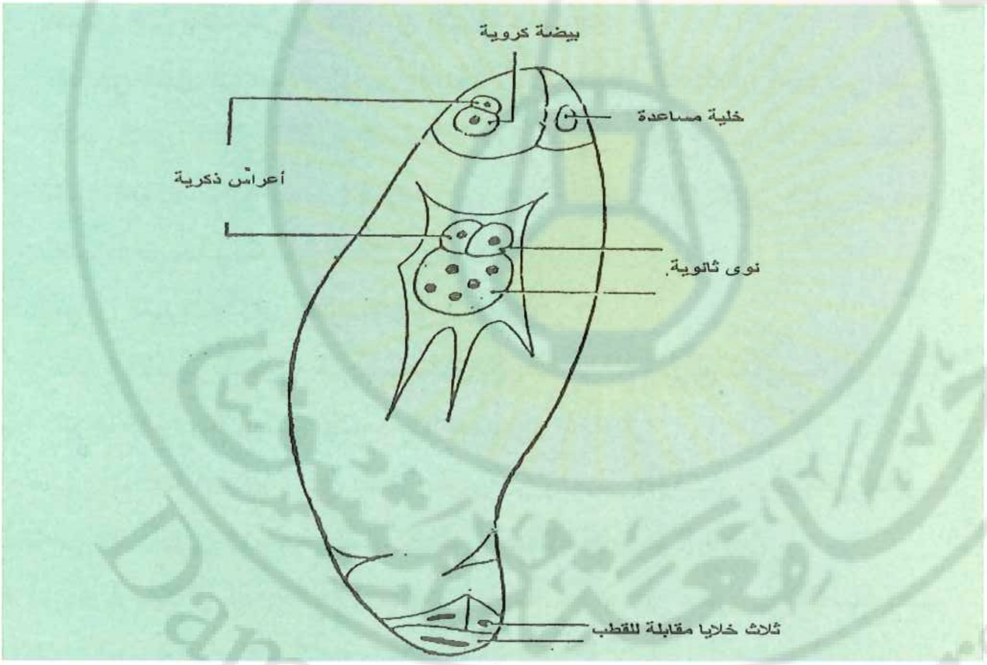
تتنوع الأكياس الجنينية التي تساهم في تكوينها الخلايا الأربع المكونة للرباعية تنوعاً كبيراً ولكن يمكن تقسيمها إلى نموذجين أساسيين:

- نموذج أدوكسا *Adoxa* الذي يتميز بتكوين كيس جنيني نموذجي يضم ثماني خلايا تنشأ من انقسام نوى الرباعية انقساماً خيطياً واحداً (شكل رقم 66:8).
- نموذج فريتيلاريا *Fritillaria* الذي يتميز بأنه شاذ وغير عادي، إذ نلاحظ بعد الانقسام المنصف توزع الرباعية بشكل مختلف تماماً عن النماذج السابقة، حيث تتوضع نواة أحادية الصيغة الصبغية في القطب العلوي، وثلاث نوى في القطب المقابل لا تلبث أن تندمج لتعطي نواة ثلاثية الصيغة الصبغية (3n) ثم يتشكل الكيس

الجنيني بعد سلسلتين من الانقسامات الخيطية التي تعطي أربع نوى أحادية الصيغة الصبغية، وأربع نوى ثلاثية الصيغة الصبغية، تتوزع تماماً كما هي الحال في الكيس النموذجي مع فارق وجود نواة ثانوية (3n) وثلاث نوى مقابلة للقطب (3n) أيضاً (شكل رقم 66:8). ويلاحظ هذا النموذج في الزنبق *Lilium* بكثرة.

وتجدر الإشارة إلى أن الإلقاح المضاعف لهذا النموذج ينتج البيضة الملقحة التي ستعطي النبات الجديد (2n) والبيضة الملقحة الثانوية (5n) الناتجة من اتحاد النواة الثانوية (4n) مع النطفة الثانية (n) والتي ستعطي نسيجاً مغذياً خاصاً لجنين المستقبل هو الألبومين Albumen (شكل رقم 67:8) أو السويداء.

وهكذا نرى أن الطور العروسي المؤنث في مغلفات البذور قصير جداً، ويقتصر على تشكيل المشرة العروسية المؤنثة المتمثلة في الكيس الجنيني (شكل رقم 68:8) اعتباراً من الخلية الأم المولدة للأبواغ الكبيرة.



شكل رقم 67:8

الإلقاح المضاعف وتشكل الكيس الجنيني في نموذج فريتيلاريا *Fritillaria* . البيضة الملقحة (2n) ستعطي النبات والبيضة الملقحة الثانوية (5n) ستعطي السويداء.

شكل رقم 68:8

مخطط تشكيل المشرة العروسية المؤنثة أو الكيس الجنيني (n) اعتباراً من الخلية الأم المولدة (2n) في مغلفات البذور.

سابعاً- التأبير Pollination :

وهو انتقال حبات الطلع من المآبر إلى ميسم المدقة في نفس النبات أو إلى نبات آخر، وله نموذجان مختلفان:

1) **التأبير الذاتي Autopollination:** وهو انتقال حبات الطلع من مئبر الزهرة إلى ميسم نفس الزهرة ولهذا فهو يتم في الأزهار ثنائية الجنس كما في نباتات الفصيلة النجيلية والفراشية وغيرها..

2) **التأبير التصالبي:** وهو أكثر انتشاراً من الذاتي ويضم نوعين هما: التأبير التصالبي القريب ويتم في نبات واحد، حيث تنتقل حبة الطلع من مئبر زهرة إلى ميسم زهرة أخرى. وتأبير تصالبي بعيد ويتم على نباتات مختلفة من نفس النوع، حيث تنتقل حبة الطلع من زهرة معينة إلى ميسم زهرة ثانية في نبات آخر.

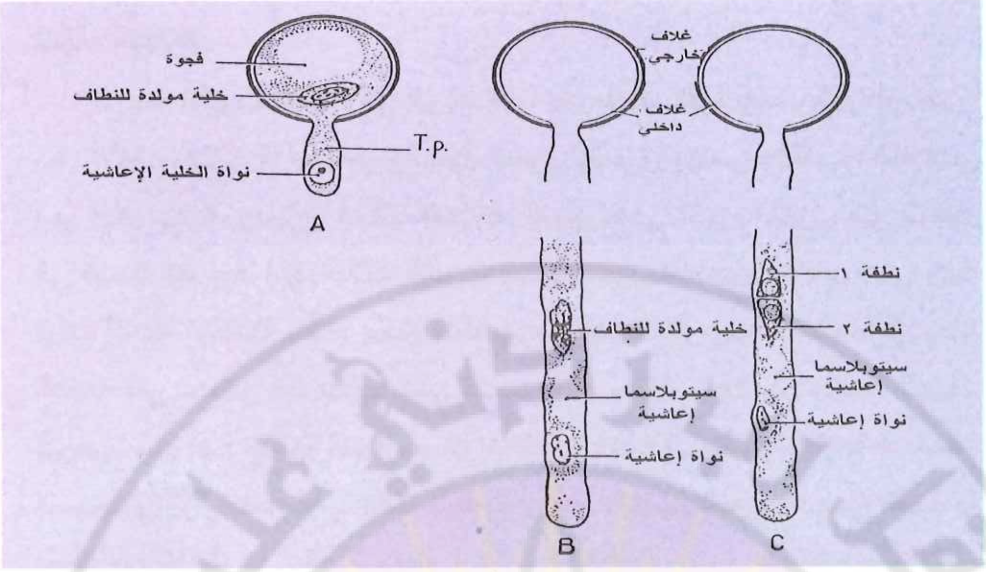
وتجدر الإشارة إلى أن الزهرة تتكيف لمثل هذا النمط من التأبير، كما تساعد العوامل الطبيعية العديدة على انتشاره. يحدث التأبير التصالبي بصورة عامة، بوساطة عدة عوامل مثل: الرياح، والماء، والحشرات أو بعض أنواع الحيوانات وغيرها..

3) **إنتاش حبات الطلع ونمو الأنبوب الطلعي:** تختلف الفترة التي يستغرقها إنتاش حبات الطلع باختلاف الأنواع، فمن الأنواع ما يجري إنتاش طلعها بعد سقوطه على المياسم في بضع دقائق كما هي الحال في أغلب النجيليات، ومن الأنواع ما يجري إنتاش طلعها بعد ساعات من سقوطه على المياسم كما هي الحال في الشوندر السكري، وقد تصل هذه الفترة إلى بضعة أيام في بعض الأنواع النباتية الأخرى.

ينمو الأنبوب الطلعي بعد انتفاخ حبة الطلع، ويتشكل الانتفاخ من الغلاف الداخلي (Int) الذي يخرج من أحد ثقوب الغلاف الخارجي ممثلاً بداية الأنبوب الطلعي (شكل رقم 69:8) الذي يتابع نموه بمساعدة الخلية الإعاشية حتى يصل طوله من (20–30) سم تقريباً بينما يبقى قطره مجهرياً. ثم يتدفق محتوى حبة الطلع إلى الأنبوب الطلعي (شكل رقم 69:8– B) وتبدأ الخلية المولدة للنطاف بالانقسام لتعطي نطفتين بينما يبدأ تحلل الخلية الإعاشية (شكل رقم 69:8–C).

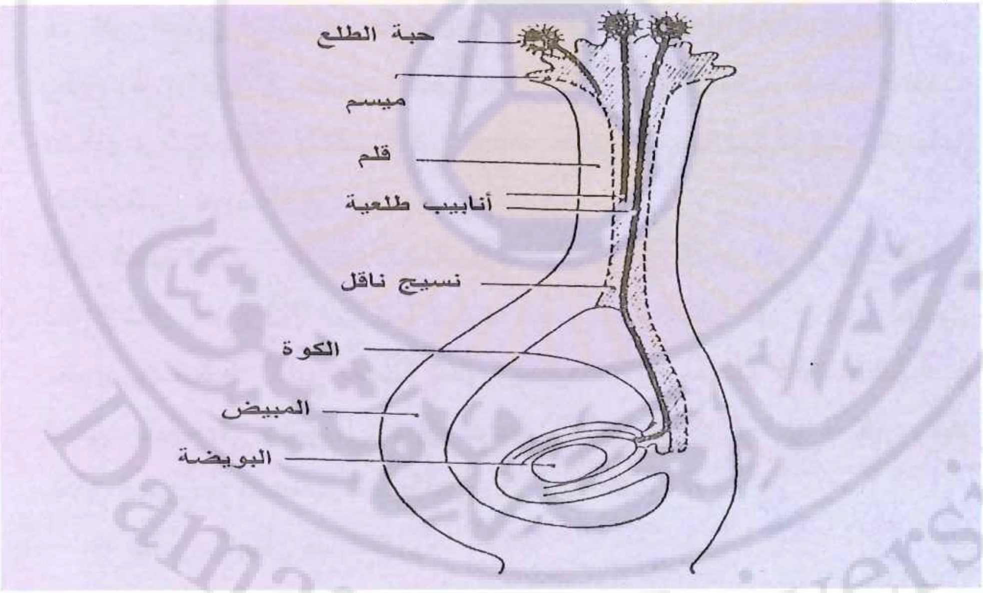
يسلك الأنبوب الطلعي طريقه مخترقاً نسج الميسم والقلم الرخوة، متجهاً نحو المبيض، حيث يستمر في نموه إلى أن ينفذ إلى البويضة، أما عن طريق الكوة وهو الإلقاح الكوي (شكل رقم 70:8)، أو عن طريق الحبل السري فالمفرق وهو ما يسمى بالإلقاح المفرقي.

ترتبط سرعة نمو الأنبوب الطلعي بعدد من العوامل البيئية من أهمها درجات الحرارة، حيث يتوقف النمو ما دون الخمس درجات مئوية، ويصل حده الأقصى ما دون الثلاثين درجة مئوية. ووجود عنصر البور (B) والكالسيوم (Ca^{+2}) بتراكيز مناسبة تساعد على نمو الأنبوب.


فجوة
خلية مولدة للنطاف
T.p.
نواة الخلية الإعاشية
A
غلاف خارجي
غلاف داخلي
نطفة ١
خلية مولدة للنطاف
نطفة ٢
سيتوبلاسما إعاشية
سيتوبلاسما إعاشية
نواة إعاشية
نواة إعاشية
B
C

شكل رقم 69:8

(A) طريقة إنتاش حبة الطلع ونمو الأنبوب الطلعي (C,B) لا حظ بدء انقسام الخلية المولدة للنطاف في (B) وتشكل النطفتين (sp_1) ، (Sp_2) ثم تحلل الخلية الإعاشية في (C).


حبة الطلع
ميسم
قلم
أنابيب طلعية
نسيج ناقل
الكوة
المبيض
البويضة

شكل رقم 70:8

نمو الأنبوب الطلعي داخل المدقة

ثامناً- الإلقاح:

ينفذ الأنبوب الطلعي إلى البويضة أما عن طريق الكوة ويسمى بالإلقاح الكوي وهو الأكثر انتشاراً. أو عن طريق الحبل السري فالمفرق ويسمى بالإلقاح المفرقي وهو الأقل حدوثاً. ويخترق الخلايا المساعدة الموجودة في الكيس الجنيني حتى يصل إلى البيضة الكروية. يتهلم غلاف الأنبوب الطلعي محرراً النطفتين. تتلاشى في هذا الوقت الخلية الإعاشية وتتحد إحدى النطفتين مع البيضة الكروية لإعطاء البيضة الملقحة التي ستعطي نباتاً جديداً ثنائي الصيغة الصبغية (2n) أي بداية النبات البوغي. بينما تتحد النطفة الثانية مع النواة الثانوية مؤدية إلى نواة ثلاثية الصيغة الصبغية (3n) أو خماسية (5n)، لا تلبث أن تبدأ بالانقسام لتعطي النسيج المغذي لجنين المستقبل أو ما يسمى السويداء (شكل رقم 71:8) ويسمى هذا النمط من الإلقاح بالإلقاح المضاعف.

تاسعاً- تكون الجنين وتشكل البذرة والثمرة:

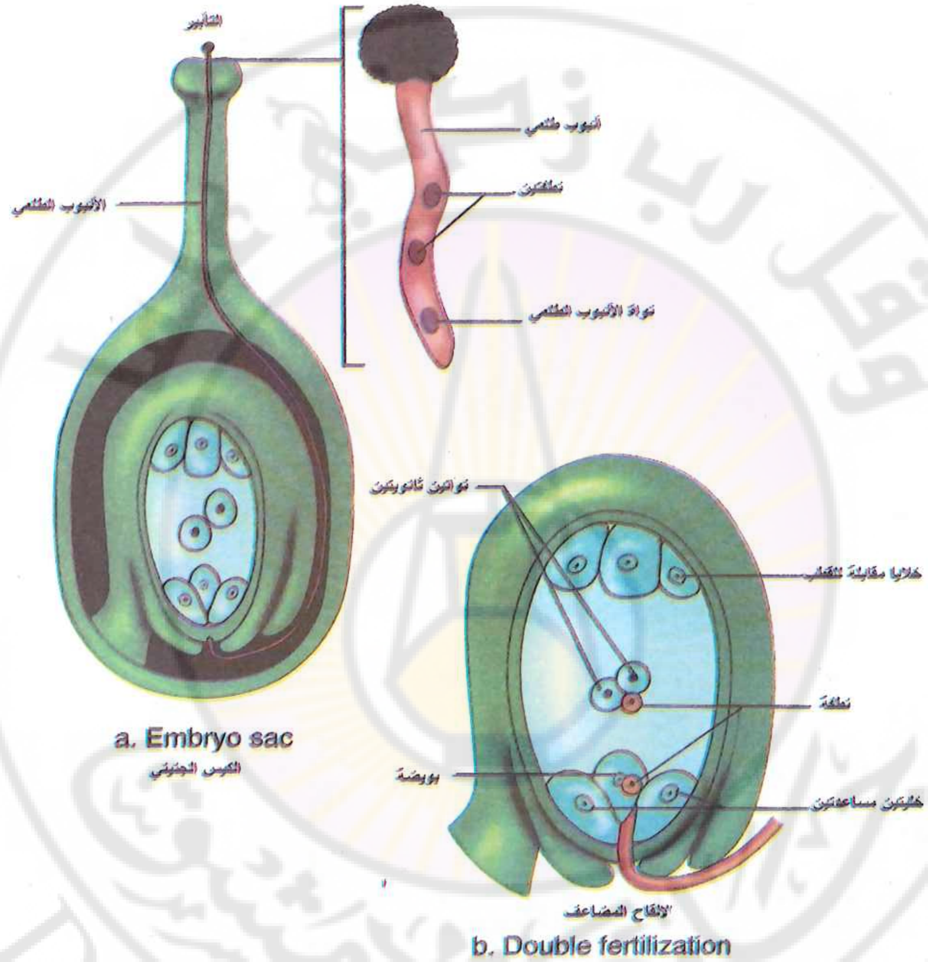
1. تكون الجنين في ثنائيات الفلقة Dicotyledones أو Magnoliopsida :

ينطلق تكون الجنين في ثنائيات الفلقة (شكل رقم 72:8) من انقسام البيضة الملقحة انقساماً عرضياً خيطياً لإعطاء خليتين إحداهما صغيرة موجهة نحو مركز النوسيل والثانية كبيرة حويصيلة موجهة نحو كوة البذرة.

تنقسم الخلية الصغيرة والمعدة لإعطاء القسم الأساسي من الجنين إلى أربع خلايا ثم ثمان (شكل رقم 72:8- من I-A)، بينما تنقسم الخلية السفلية الكبرى في جزئها العلوي مولدة خيطاً أحادي السلسلة الخلوية يطلق عليه مع الخلية الحويصلية اسم المعلق وظيفته دفع الجنين في أعماق النوسيل (شكل رقم 72:8- من K-J) . وهكذا يتمايز الجنين بعد انقسامات خيطية أخرى إلى ثلاثة أقسام:

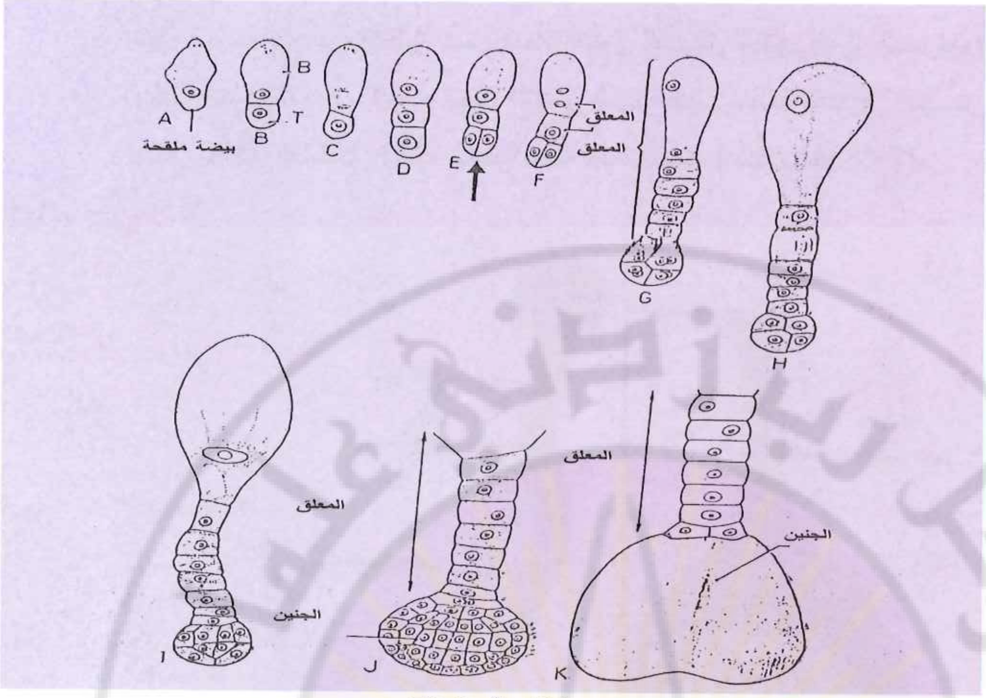
- كتلتان جانبيتان هما الفلقتان.
- قسم أسطواني يمثل المحور تحت الفلقات.

- كتلة قسومة تقع بين الفلقتين تمثل منطقة تكون الساق والأوراق أو البريعم، وكتلة أخرى تقع في الجزء تحت النهائي للجذر تمثل منطقة تكوين الجذر وتبقى هاتان المنطقتان بحالة جنينية طيلة حياة النبات (شكل رقم 73:8).


التأبير
الأنبوب الطلعي
أنبوب طلعي
نطفتين
نواة الأنبوب الطلعي
a. Embryo sac
الكيس الجنيني
نواتين ثانويتين
خلايا مقابلة للقطب
نطفة
بويضة
خليتين مساعدتين
الإلقاح المضاعف
b. Double fertilization

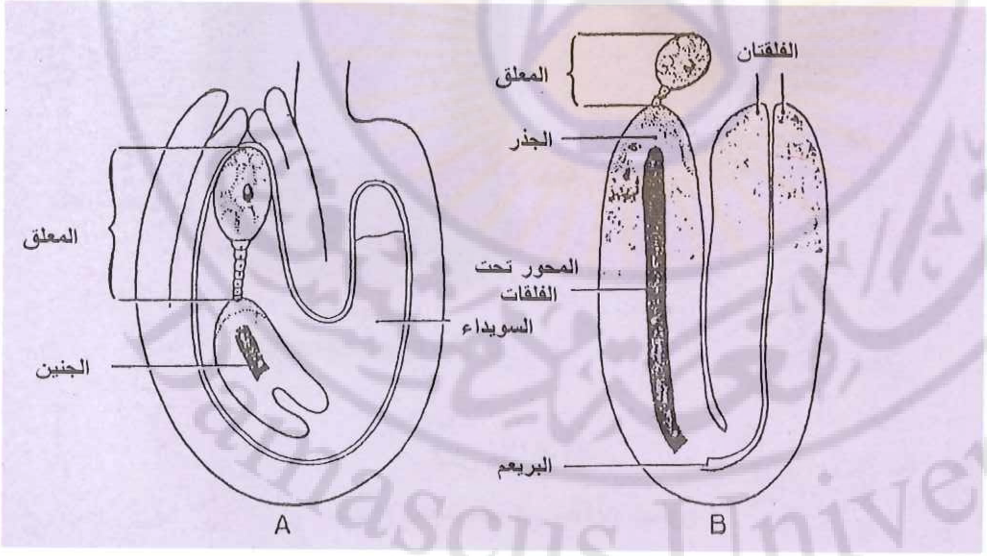
شكل رقم 71:8

الإلقاح المضاعف في مغلفات البذور


B
T
A
B
C
D
E
F
بيضة ملقحة
المعلق
المعلق
G
H
المعلق
المعلق
الجنين
الجنين
I
J
K

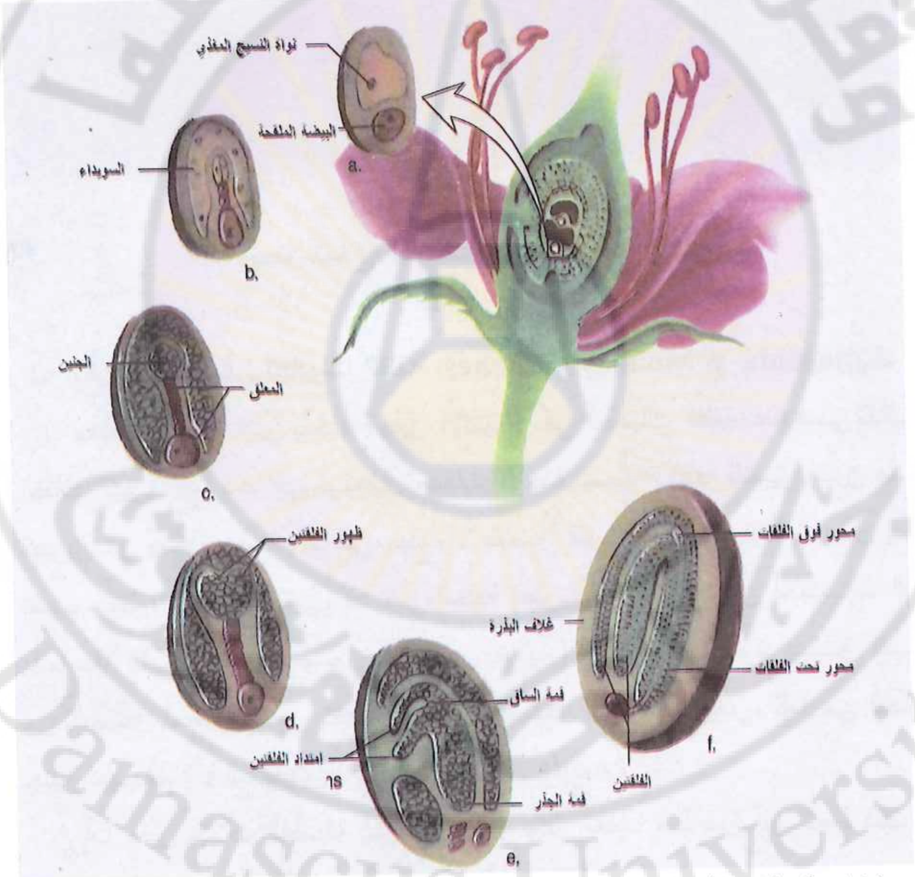
شكل رقم 72:8

تطور الجنين في مغلفات البذور. نبات شرابة الراعي *Capsellabursa pastoris* من ثنائيات الفلقة.

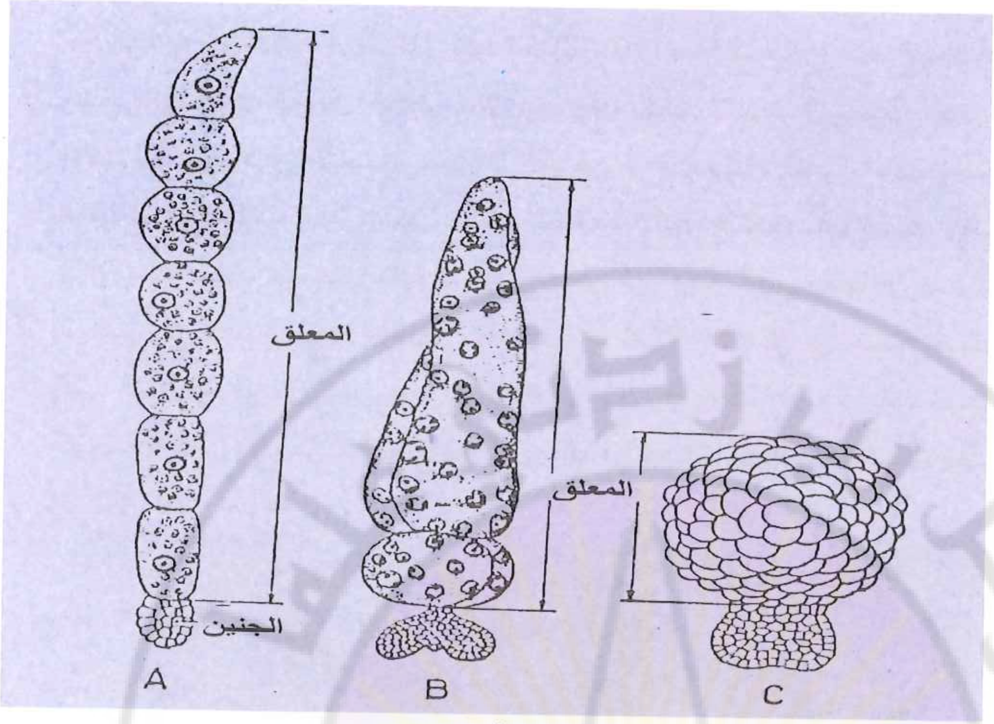

الفلقتان
المعلق
الجذر
المحور تحت الفلقات
السويداء
البريعم
المعلق
الجنين
A
B

شكل رقم (73:8) تمايز الجنين إلى بادرة في مغلفات البذور (ثنائيات الفلقة)

يتسارع نمو الجنين في مراحل تكونه الأخيرة أكثر من تسارع نمو المعلق، وينحني آخذاً شكل النوسيل المنحني شكل رقم (74:8)، ثم لا يلبث أن يحتل الجزء الأكبر من حجم البذرة الناضجة مستعملاً الألبومين أو السويداء كغذاء له. تأخذ المعلقات في مغلفات البذور أشكالاً تختلف باختلاف الأنواع النباتية (شكل رقم 75:8). فقد تتألف من خيط متطاول يغرس الجنين في أعماق النوسيل كما في شرابة الراعي وفي نبات أونونيس Ononis (الشكل رقم 75:8- A)، أو من خيط منتفخ كثير النوى كما في نبات أوروبوس Orobus (شكل رقم 75:8-B)، أو يأخذ شكلاً كروياً مكوناً من عدد من الخلايا كثيرة النوى كما في نبات Cytisus (شكل رقم 75:8- C).


نواة النسيج المغذي
البيضة الملقحة
a.
السويداء
b.
الجنين
المعلق
c.
ظهور الفلقتين
d.
قمة الساق
امتداد الفلقتين
قمة الجذر
e.
محور فوق الفلقات
غلاف البذرة
محور تحت الفلقات
الفلقتين
f.

شكل رقم (74:8) تسارع نمو الجنين في مراحل تكونه الأخيرة في ثنائيات الفلقة.



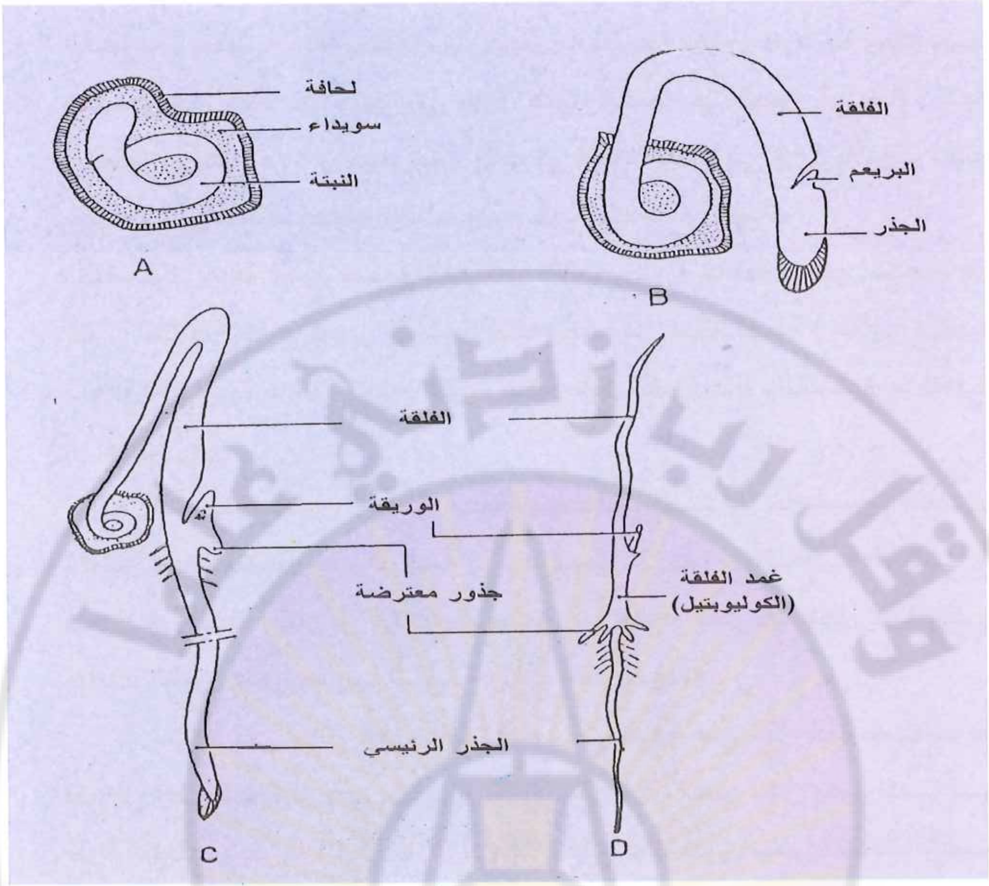
شكل رقم 75:8

بعض نماذج المعلقات في جنين مغلفات البذور

2- تكون الجنين في أحاديات الفلقة Monocotyledones أو Liliopsida:

يختلف الشكل الذي يأخذه الجنين الانتهائي في أحاديات الفلقة عنه في ثنائياتها اختلافاً كبيراً، مما دعا إلى استعمال صفات الأجنة الممثلة بالفلقة للتمييز بين صفين كبيرين من صفوف العالم النباتي، هذا ولا يقتصر الفرق على عدد الفلقات بل يشمل نشوء مختلف أجزاء الجنين، فقد تمر الخلية العلوية في طليعة جنين أحاديات الفلقة بالمرحلة الثمانية (أي الحصول على ثمان خلايا) أو لا تمر بها. وقد ينبثق البريعم من المنطقة المعدة للمحور تحت الفلقات آخذاً شكل سويق معترض، كما هي الحال في جنين سهم الماء (الساجيتاريا) *Luzula , Sagittaris* .

أما جنين نباتات الفصيلة النجيلية فيظهر أكثر تعقيداً مما سبق، ونلاحظ ذلك من خلال دراسة إنتاش بذور نبات البصل *Alium cepa* (شكل رقم 76:8).


لحافة
سويداء
النبتة
A
الفلقة
البريعم
الجذر
B
الفلقة
الوريقة
جذور معترضة
غمد الفلقة (الكوليوبتيل)
الجذر الرئيسي
C
D

شكل رقم 76:8

تطور الجنين في أحاديات الفلقة وطريقة إنتاش البذرة في نبات البصل *Alium cepa*

يعكس تكون الأجنة وجود حالات خاصة نذكر منها الأجنة غير المتمايزة التي تلاحظ في بذور عدد من النباتات الطفيلية وغيرها، وحالة تشوه الأجنة في بعض نباتات الفصيلة الخيمية وحالة تعدد الأجنة في بعض نباتات الفصيلة الزنبقية والسحلبية وغيرها.

3- تشكل البذر:

تنتج البذرة كما رأينا عن البويضة بعد عملية الإلقاح المضاعف التي تحدث داخل كيسها الجنيني. وتتألف هذه البذرة من الجنين الذي يحوي كمية كافية من المواد

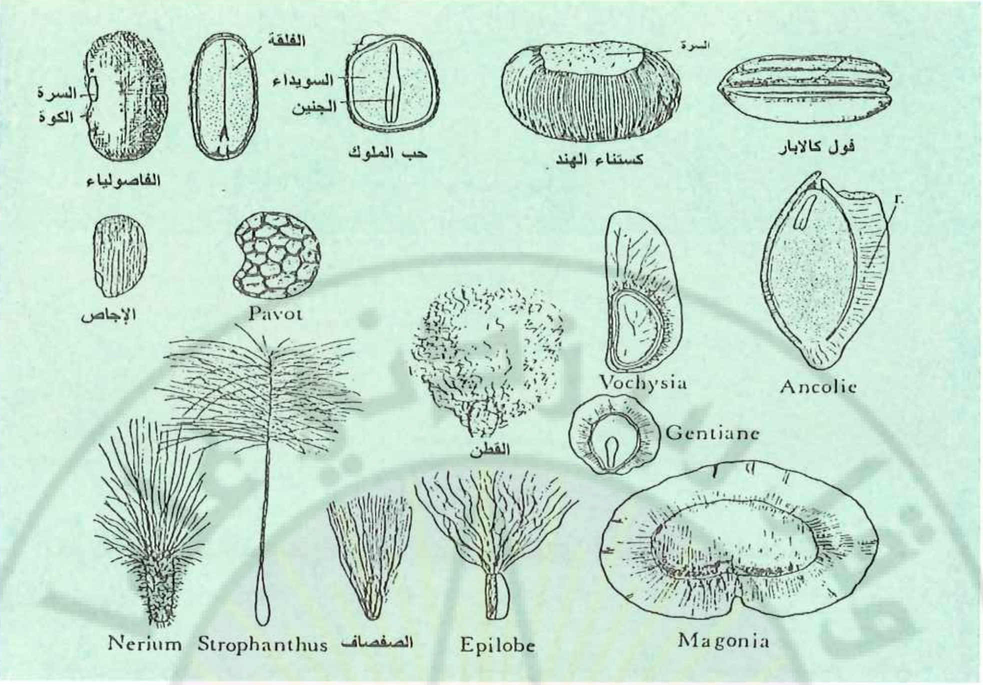
الادخارية ويحيط به أغلفة حافظة، مما يجعل باستطاعته البقاء مدة طويلة بحالة حياة راكدة. ويؤدي الماء دوراً كبيراً في تحول الحياة النشيطة في الجنين إلى حياة راكدة وبالعكس. ويكفي عادة أن تهبط نسبة الماء في أنسجة البذرة إلى 4-5 % حتى تصبح خاملة، وحتى تكتسب لحافتها صلابة وعدم نفوذ تجاه الماء والهواء.

يختلف قوام لحافة البذرة حسبما تكون الثمرة (المبيض) متشققة أو غير متشققة. ففي الثمار المتشققة تخرج البذور إلى الجو لذلك تحتاج إلى لحافة غليظة (غلاف) تقيها العوامل الخارجية بينما لا تحتاج البذرة الباقية داخل الثمرة هذا، ولذلك تسترها لحافة أو غلاف رقيق.

لقد رأينا سابقاً أن البويضة محاطة بلحافتين إحداهما خارجية والأخرى داخلية، وعندما تتحول هذه البويضة إلى بذرة يمكن أن تزول اللحافة الداخلية أو تتحول إلى غشاء رقيق من الخلايا المسطحة. أما اللحافة الخارجية فتظل باقية ولكن غالباً ما تتطور خلايا بشرتها السطحية وتأخذ أشكالاً مختلفة.

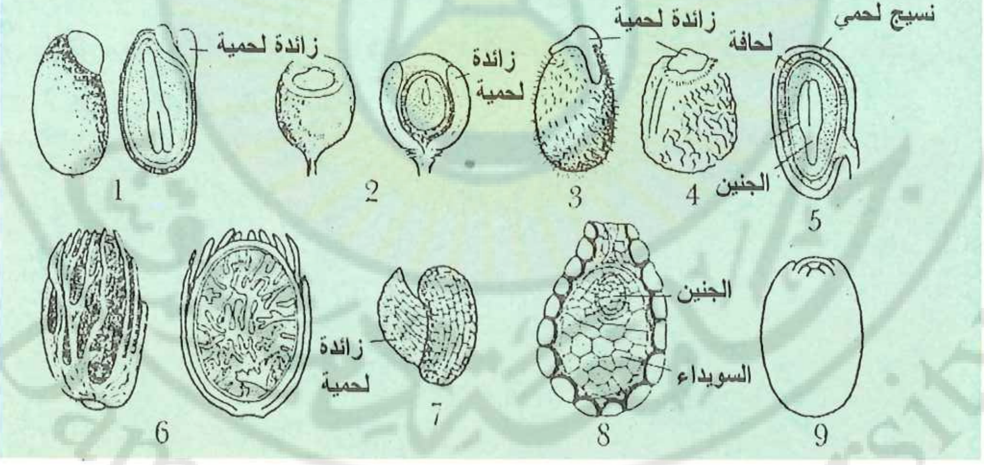
نلاحظ على سطح البذرة أيضاً السرة التي تظهر على شكل ندبة طويلة سوداء تقع في أعلى البذرة أو على جانبها أو تظهر على شكل سطح خشن مدور كما في بذرة الكستناء وغيرها (شكل 77:8). والكوة التي غالباً تكون مسدودة تماماً وغير واضحة، وإذا ما ظهرت تكون على شكل نتوء يقع الجهة المقابلة للسرة في البويضة المستقيمة أو بالقرب منها مباشرة في البويضة المنحنية والمقلوبة. كما نلاحظ أحياناً بعض الزوائد الملحقة: التي تبدو على شكل نسيج لحمي يغلف البذرة تماماً، أو على شكل زوائد لحمية تنمو إلى جانب الكوة في بعض البذور (شكل رقم 78:8). تتجمع في البذور بعض المدخرات كما هي الحال في تشكل حبات الألورون وترسب السكاكر والليبيدات وغيرها.

وأخيراً يوضح الشكل (رقم 79:8) مقارنة لبنية البذور الناضجة في عريانات البذور ومغلفاتها: وحيدة وثنائية الفلقة كما تبدو على المقطع الطولي.


السرة
الكوة
الفاصولياء
الفلقة
السويداء
الجنين
حب الملوك
السرة
كستناء الهند
فول كالابار
الإجاص
Pavot
r.
Vochysia
Ancolie
القطن
Gentiane
Nerium
Strophanthus
الصفصاف
Epilobe
Magonia

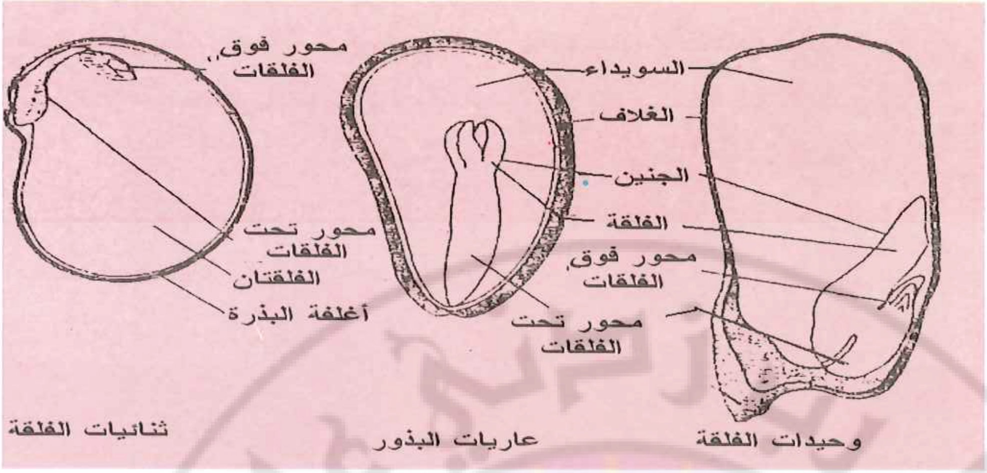
شكل رقم 77:8

بعض النماذج المختلفة للبذور


زائدة لحمية
1
زائدة لحمية
2
زائدة لحمية
زائدة لحمية
3
لحافة
4
نسيج لحمي
الجنين
5
6
زائدة لحمية
7
الجنين
السويداء
8
9

شكل رقم 78:8

بعض نماذج البذور التي تحتوي على زوائد لحمية ملحقة بها لاحظ بذور الكستناء (رقم 6) وطريقة تجعد الألبومين فيها.

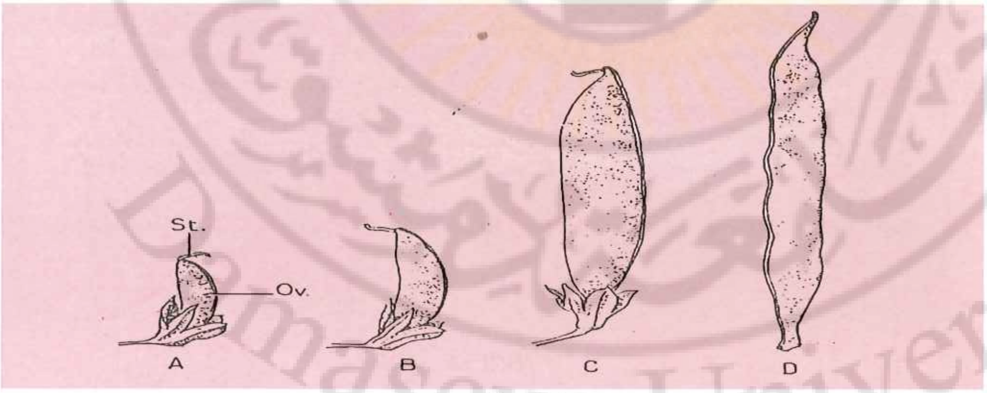

محور فوق الفلقات
محور تحت الفلقات
الفلقتان
أغلفة البذرة
ثنائيات الفلقة
السويداء
الغلاف
الجنين
الفلقة
محور فوق الفلقات
محور تحت الفلقات
عاريات البذور
وحيدات الفلقة

شكل رقم 79:8

مقارنة البذور الناضجة في عاريات البذور ومغلفاتها (أحاديات وثنائيات الفلقة).

4- الثمرة:

يتحول المبيض إلى ثمرة بعد تلقيح البويضات، وذلك بنموه وتضخم جداره كما في قرن البازلاء الذي تُعد بذوره ببيضات ناضجة مغلفة في مبيض ناضج هو القرن (شكل رقم 80:8) وبذبول بقية أجزاء الزهرة من سبلات وبتلات وأسدية وبسقوطها غالباً. إلا أن ثمار بعض النباتات تشذ عن ذلك فيبقى أحد أجزاء الزهرة عالقاً بالثمرة بل وينمو معها (الكأس في ثمرة الباذنجان، البتلات في القرع، كرسي الزهرة في التفاح كما في الشكل رقم 81:8).



شكل رقم 80:8

نمو الثمرة (القرون) في الفاصولياء.

تصنف الثمار في زمرتين أساسيتين:

أ- الثمار البسيطة:

وتنشأ من زهرة واحدة، وتتألف فيها المدقة من كربلة أو عدة كرابل ملتحمة أو حرة، وبحسب ما يكون غلافها جافاً قاسياً أو يكون طرياً لحمياً.

تقسم الثمار البسيطة إلى قسمين: جافة ولحمية.

1. الثمار الجافة:

تقسم بدورها إلى قسمين حسب كون الغلاف متفتحاً أو غير متفتح.

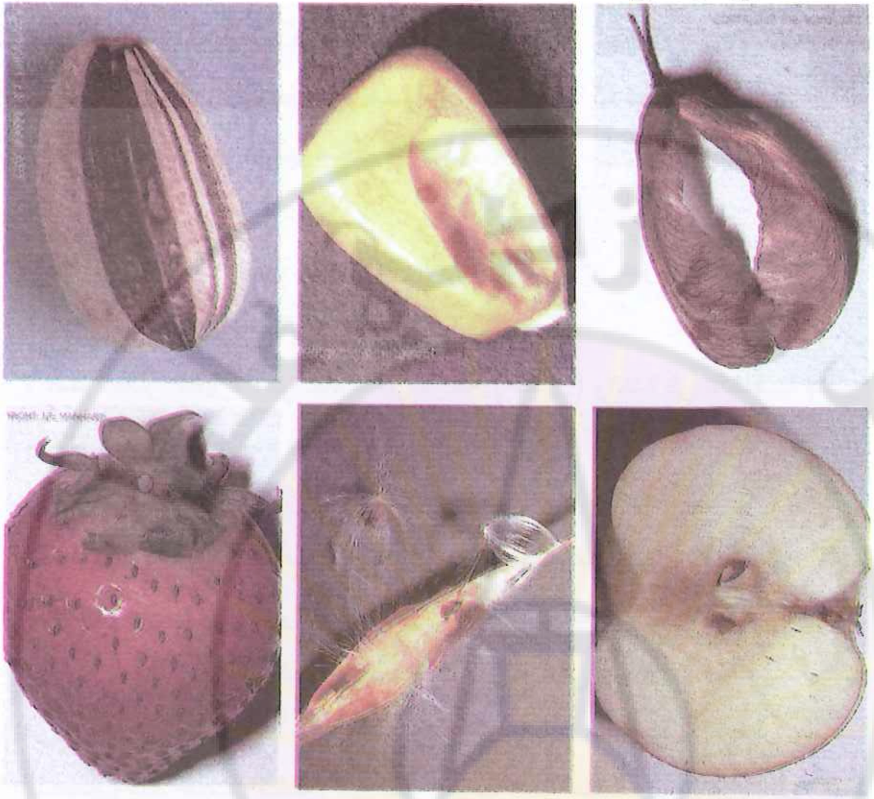
- الثمار الجافة غير المتفتحة:

وتضم الثمار الفقيرة التي تتألف من كربلة (خباء) واحدة في داخلها بذرة واحدة وغلافها لا يلتحم بلحافة البذرة كما في نبات الورد والحوذان، والبرة وتختلف عن الفقيرة بكون الغلاف الثمري فيها ملتحم بلحافة البذرة كما في القمح والذرة، والثمرة المجنحة التي يمتد جناحها على شكل جناح رقيق كما في ثمرة القيقب *Acer* والدردار *Ulmus*. كما تضم ثمرة البندقة التي تتألف من كربلتين أو ثلاث ملتحمة، تصنع جوفاً واحداً في داخله بذرة واحدة كما في ثمرة البندق. وأخيراً الثمار المنشقة التي تتشكل من أكثر من كربلة ملتحمة وعند النضج تتشقق إلى ثمار جزئية غير متفتحة وبداخل كل منها بذرة واحدة كما في ثمار نباتات الفصيلة الخبازية والفصيلة الخيمية (شكل رقم 82:8).

- الثمار الجافة المتفتحة:

وتقسم حسب طريقة تفتح الثمار إلى أربعة أنواع هي: الثمرة الجرابية أو الغلافية كما في نبات العائق *Delphinium* ، والثمرة القرنية كما في الفول والفاصولياء. والثمرة الخردلية أو السيليكية كما في المنثور والخردل والفجل، والثمرة العلبية التي تتفتح بشكل دائري أو ذات شقوق كما في ثمرة البنج وعين القط *Anagallis*. أو تتفتح بشكل ثقبي كما في ثمرة الخشخاش أو

تتفتح بشكل مسكني كما في القطن، أو تتفتح بشكل حاجزي كما في ثمرة البنفسج، أو تتفتح بشكل صمامي كما في ثمرة السحلب (شكل رقم 83:8).



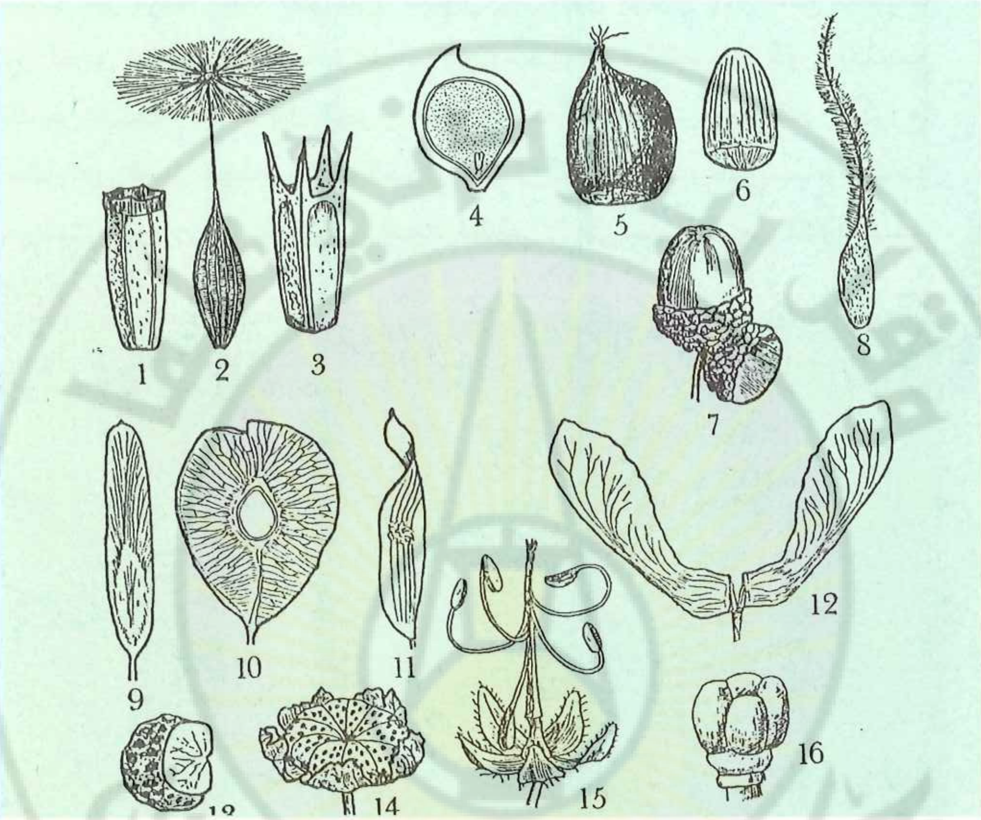
شكل رقم (81:8) بعض النماذج للثمار المختلفة

2. الثمار اللحمية:

وتتصف بغلافها اللين وغير المتشقق والذي يصبح لحمي القوام عند نضج الثمرة. ويتألف من ثلاثة أقسام: خارجي رقيق وملون غالباً، متوسط لحمي ويمتلئ أحياناً بسائل عصيري، داخلي رقيق أو متخشب. ولذلك تقسم الثمار اللحمية استناداً إلى قوام هذا الغلاف الداخلي إلى قسمين:

- **ثمار عنبية أو لبية**: غلافها الداخلي رقيق ولين وتحوي إما بذرة واحدة كما في ثمرة البلح أو عدة بذور كما في ثمار العنب والبندورة (شكل رقم 84:8).

- **ثمار نووية:** غلافها الداخلي غليظ ومتخشب وتحوي إما بذرة واحدة كما في الكرز والزيتون أو عدة بذور كما في التفاح. كما يمكن للثمار النووية أن تكون جافة أو ليفية مثل الجوز واللوز وجوز الهند (شكل رقم 85:8).



شكل رقم 82:8

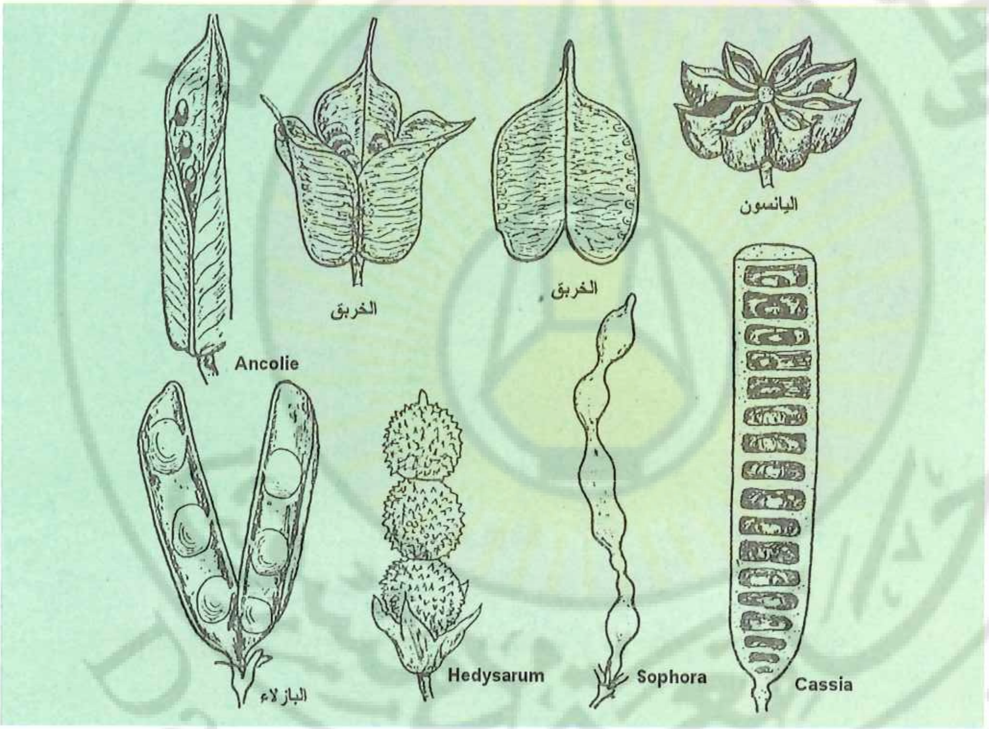
بعض النماذج للثمار الجافة غير المتفتحة

(1-8) الثمار الفقيرة، (9-12) الثمار المجنحة، (13-6) الثمار المنشقة.

ب- **الثمار المركبة:** وتنشأ عن أكثر من زهرة.

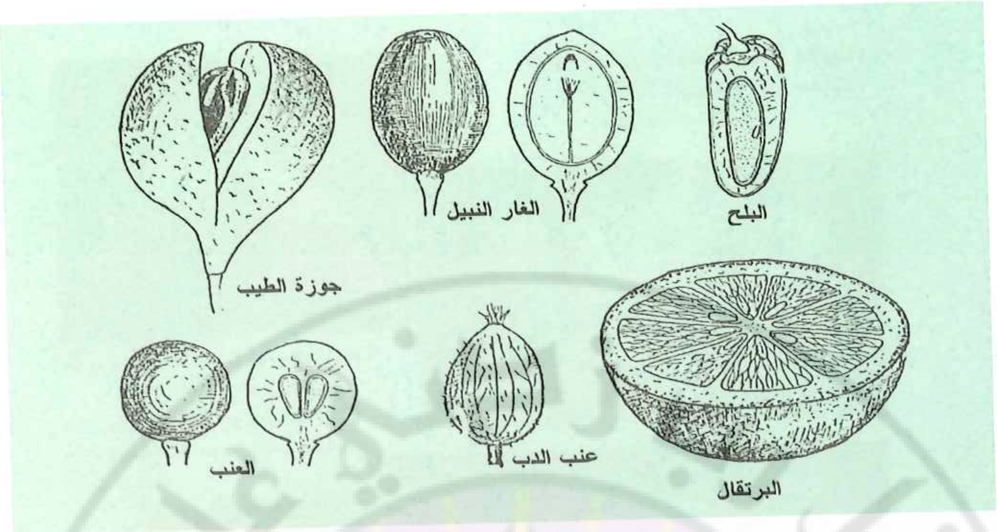
تساعد التكيفات الثمرية المتنوعة في نشر البذور (الشكل رقم 86:8). فبذور بعض النباتات الزهرية، كالطرخشقون Dandelions (الهندباء البرية) والقيقب Maples،

نجدها محتواة ضمن ثمار تعمل عمل ما يشبه طائرة ورقية أو مدسرة كتكيف ييسر على الرياح نشرها: وقد تكيف بعضها، كجوز الهند Coconuts، مع الانتشار بوساطة الماء؛ بينما تسخّر العديد من مغلفات البذور الحيوانات في حمل بذورها، فلبعض هذه النباتات ثمار معدلة شائكة تعلق بفرو الحيوان (أو لباس الإنسان). وتُنتج مغلفات بذور أخرى ثماراً يصلح أكلها، وعادة ما تكون مغذية حلوة الطعم بهية اللون، تفصح بذلك عن نضجها. فإذا ما أكل الحيوان الثمرة، هضم الجزء الغض منها، لتمر بذورها الصلبة عبر السبيل الهضمي لذلك الحيوان دون أن تمس بأذى، وربما وضعت الحيوانات بذوراً – مع مخزون من السماد الطبيعي– على بعد أميال من المكان الذي أكلت فيه الثمار.



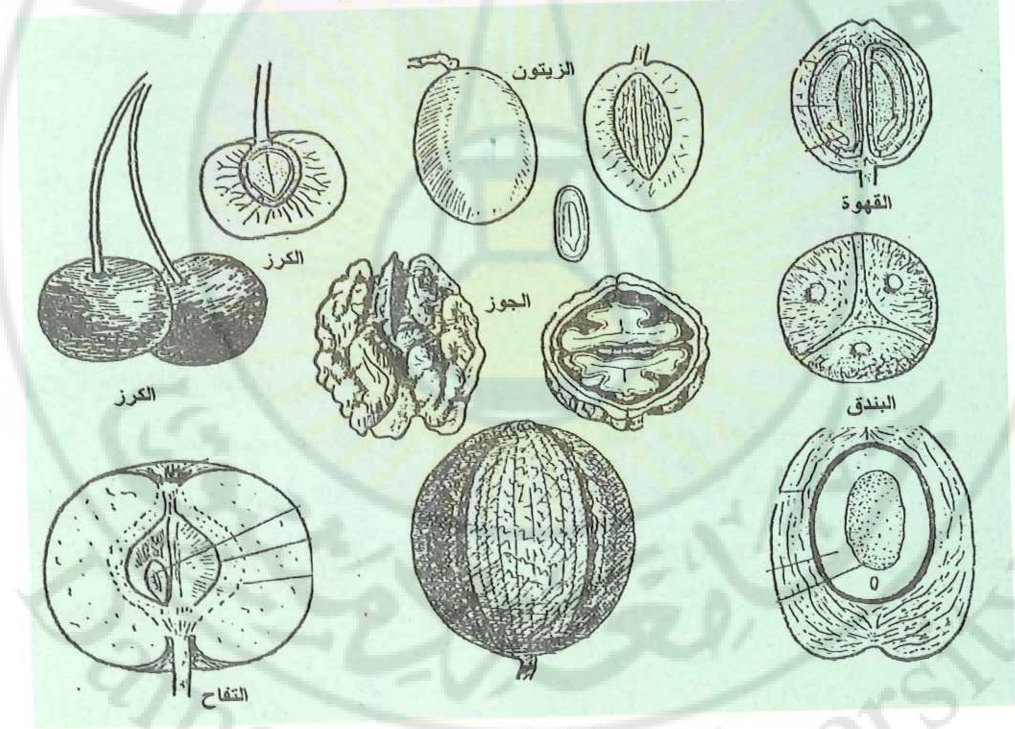
شكل رقم 83:8

بعض نماذج الثمار العلبية المتفتحة


البلح
الغار النبيل
جوزة الطيب
البرتقال
عنب الدب
العنب

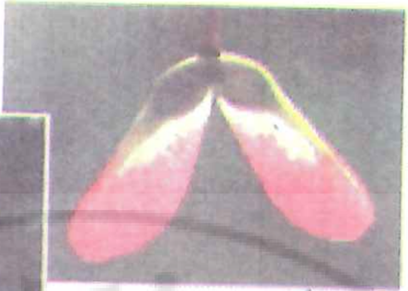
شكل رقم 84:8

بعض نماذج الثمار العنبية أو اللبية


الزيتون
القهوة
الكرز
الكرز
الجوز
البندق
التفاح

شكل رقم 85:8

بعض نماذج الثمار النووية



(a) تُمكّن الأجنحة ثمارَ القيقب maple fruits من حملها بسهولة مع الريح.

(b) غالباً ما تنتشر بذور الثمار اللبية berries وغيرها من الثمار الصالحة للأكل بوساطة براز الحيوانات.

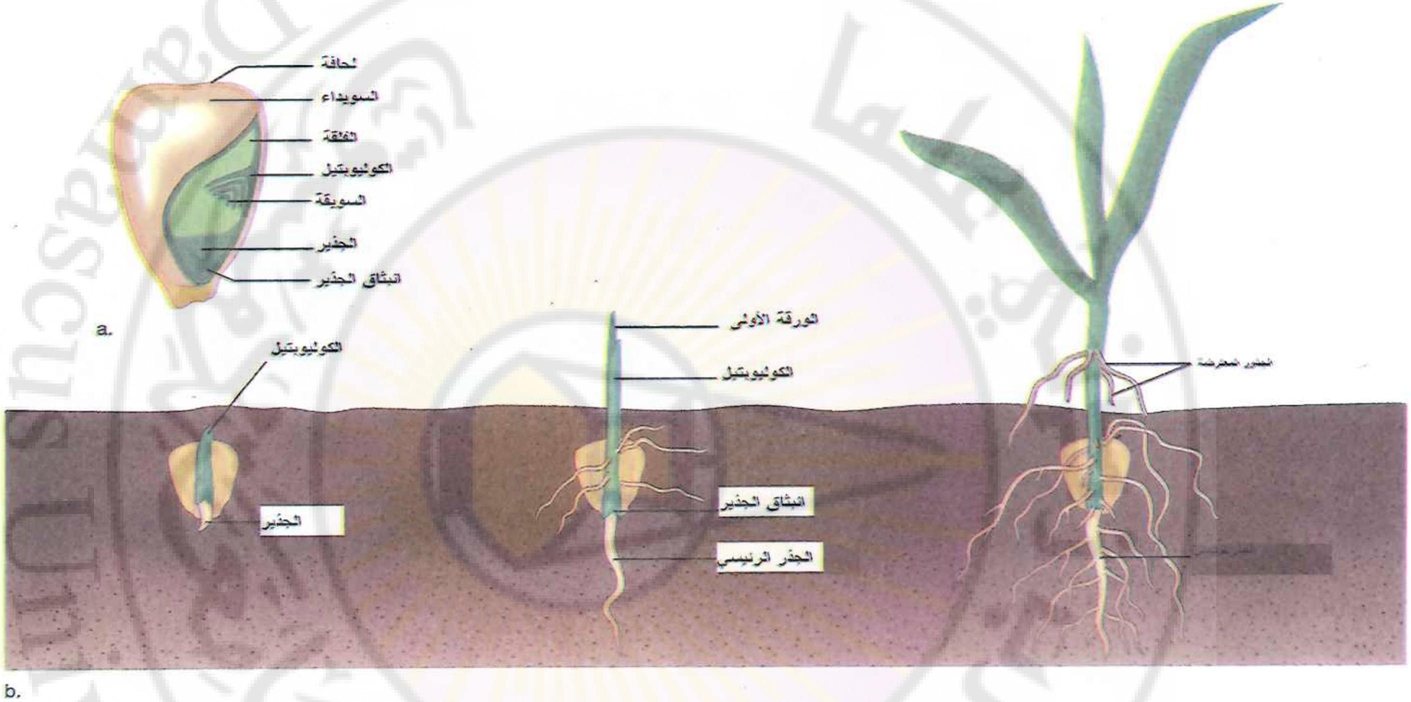
(c) تُسهّل أشواك الكُوكَل cockleburs نشر بذوره بتمكينها الثمار من أن تتطفل بسفرها على الحيوانات.

شكل رقم 86:8

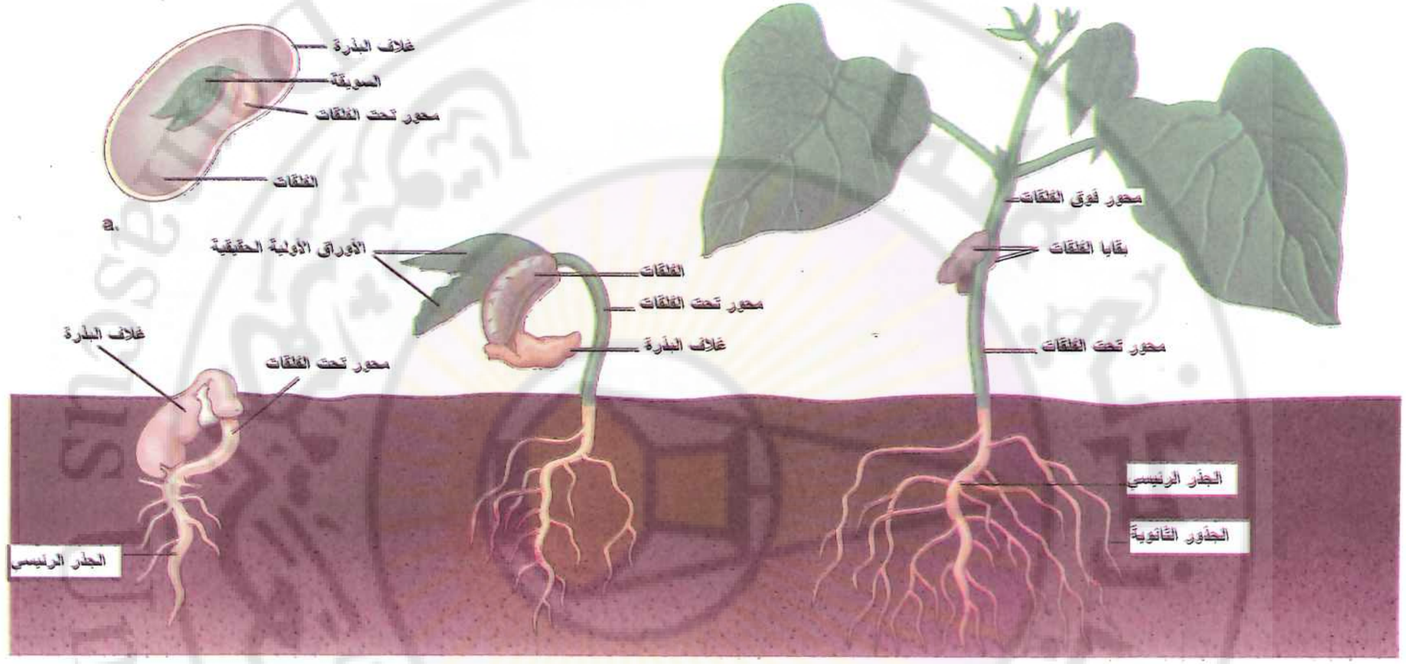
التكيفات الثمرية التي تسهل انتشار البذور

عاشراً – إنتاش البذور وحلقة الحياة:

عبارة عن مجموعة الظواهر التي تنتقل فيها البادرة في أحاديات الفلقة وثنائياتها من مرحلة الحياة البطيئة في البذرة الناضجة إلى مرحلة الحياة النشيطة (الشكلين رقم 87:8 و 88:8)، ولذلك يجب أن تكون جميع الظروف البيئية ملائمة لهذا الانتقال.


نخالة
السويداء
الفلقة
الكوليوبتيل
السويقة
الجذير
انبثاق الجذير
a.
الكوليوبتيل
الجذير
الورقة الأولى
الكوليوبتيل
انبثاق الجذير
الجذر الرئيسي
الجذور المعرضة
b.

شكل رقم (87:8): بنية البذرة والإنتاش في أحاديات الفلقة.


غلاف البذرة
السويقة
محور تحت الفلقات
الفلقات
a.
الأوراق الأولية الحقيقية
غلاف البذرة
محور تحت الفلقات
الجذر الرئيسي
الفلقات
محور تحت الفلقات
غلاف البذرة
محور فوق الفلقات
بقايا الفلقات
محور تحت الفلقات
الجذر الرئيسي
الجذور الثانوية

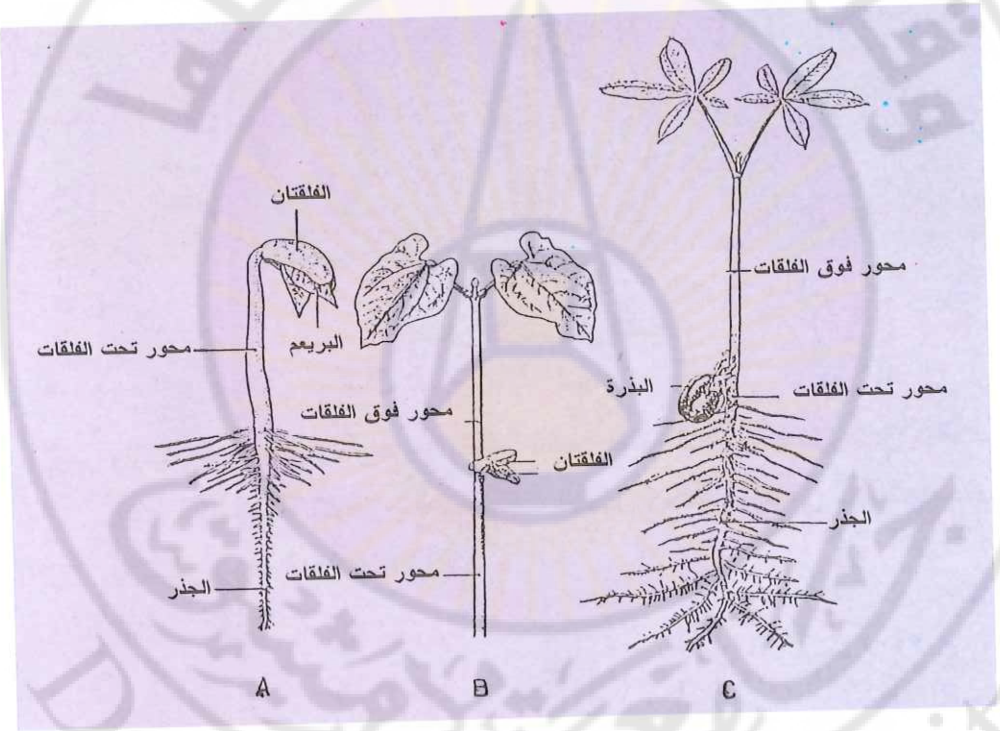
شكل رقم (88:8): بنية البذرة والإنتاش في ثنائيات الفلقة.

يتضمن الإنتاش مرحلتين أساسيتين هما:

- انتفاخ البذرة بعد تشربها بالماء.
- نمو البادرة بطريقة واحدة بالنسبة لجميع الأنواع حيث ينمو الجذير أولاً ثم الساق، فالفلقات وأخيراً البريعم. واستناداً إلى وجود الفلقات فوق التربة أو داخلها فإننا نميز بين نوعين من الإنتاش:

1) الإنتاش الهوائي:

ويميز عدداً كبيراً من ثنائيات الفلقة مثل الخروع والفاصولياء (شكل رقم 8:89-B,A) ، حيث تتطاول السويقة باتجاه الهواء، رافعة معها الفلقتين والبريعم المحصور بينهما فوق التربة بشكل واضح.


الفلقتان
البريعم
محور تحت الفلقات
الجذر
A
محور فوق الفلقات
الفلقتان
محور تحت الفلقات
B
محور فوق الفلقات
البذرة
محور تحت الفلقات
الجذر
C

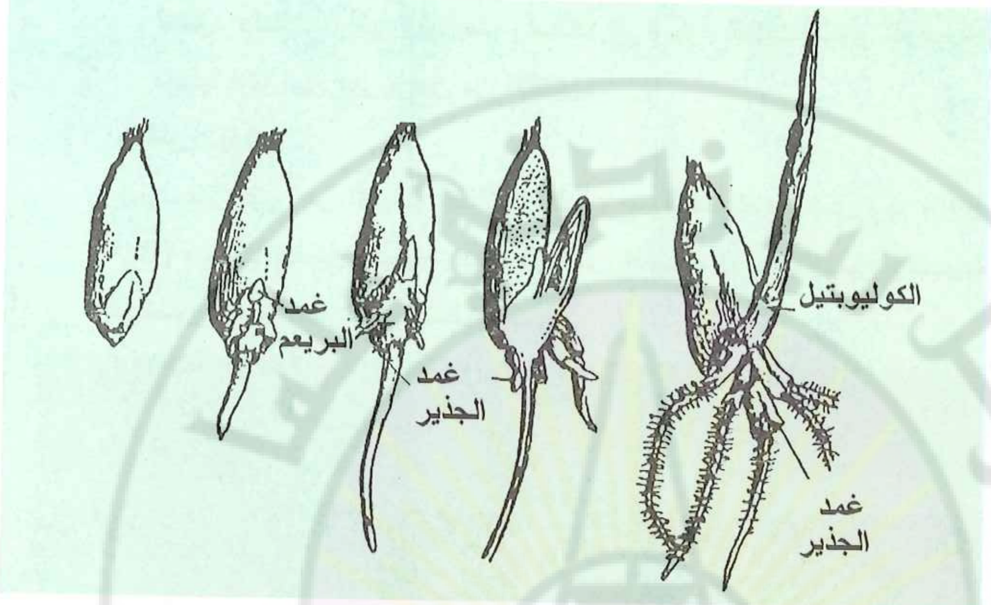
شكل رقم 89:8

(B,A) – الإنتاش الهوائي في الفاصولياء.

(C) الإنتاش الأرضي في الكستناء.

2) الإنتاش الأرضي:

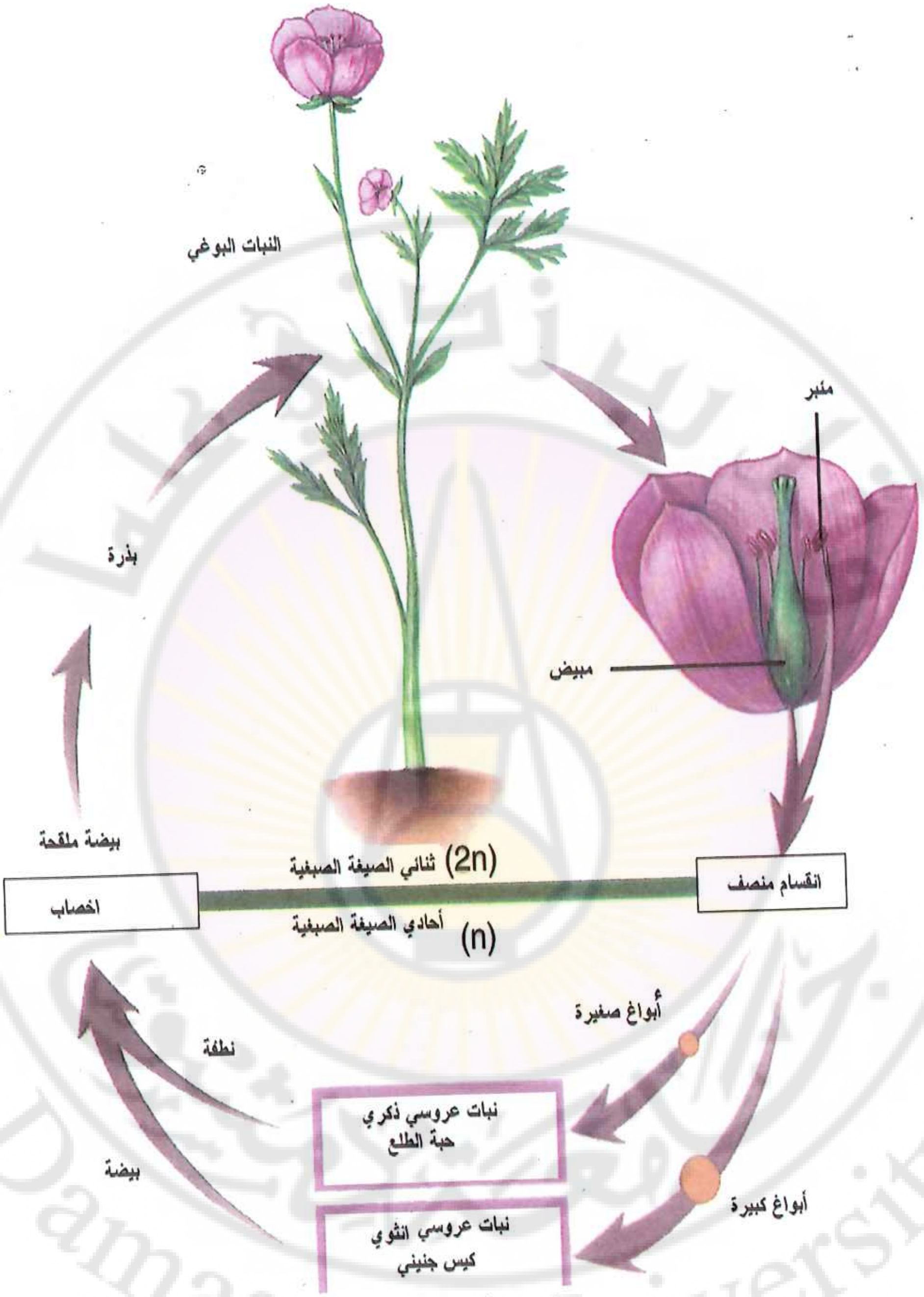
ويميز عدداً من ثنائيات الفلقة مثل الكستناء (شكل رقم 8:89– C) ومعظم أحاديات الفلقة مثل القمح (شكل رقم 8:90) والبصل (شكل رقم 8:76).


الكوليوبتيل
غمد البريعم
غمد الجذير
غمد الجذير

شكل رقم 8:90

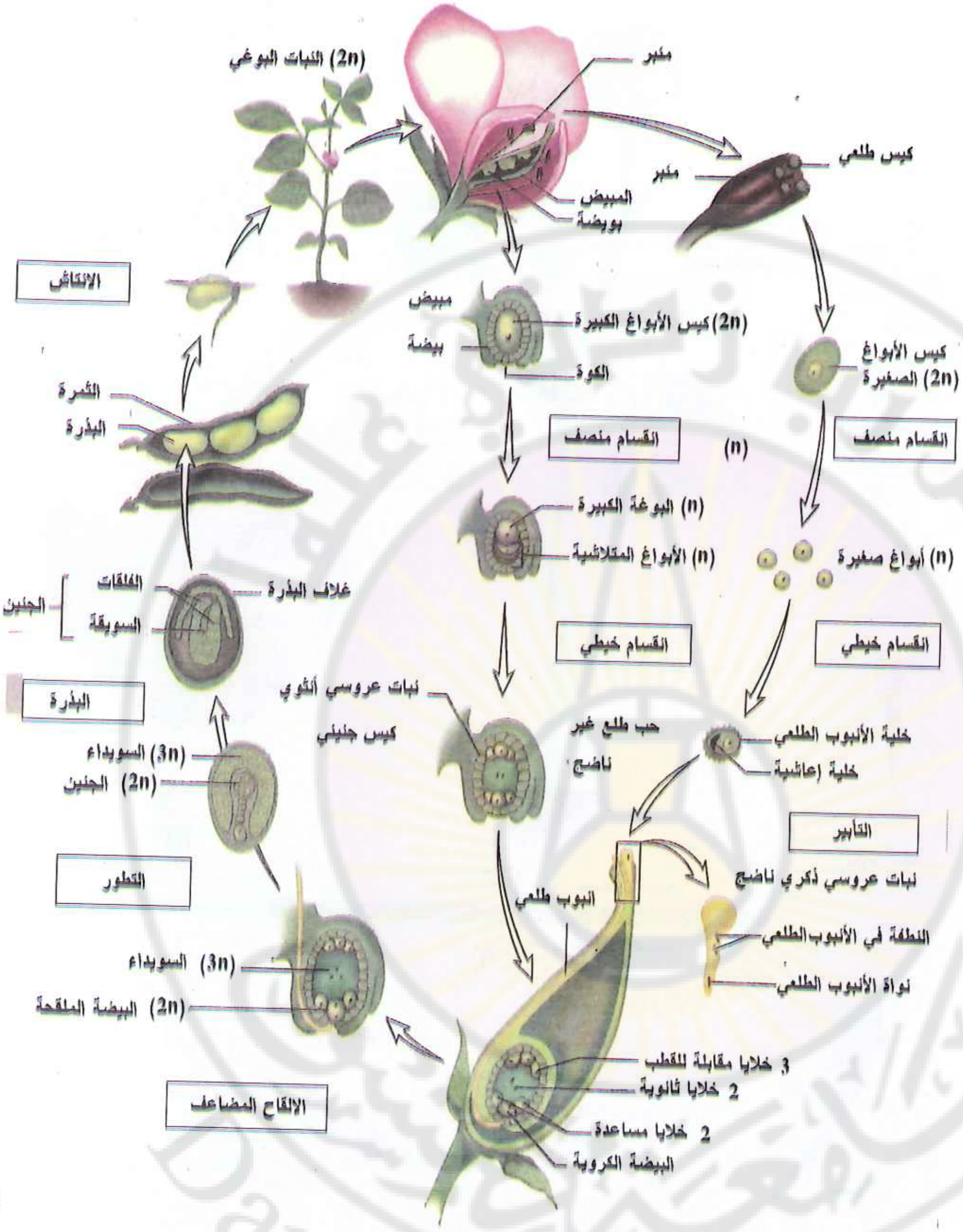
الإنتاش الأرضي في القمح

وبانتهاء دراسة البذرة وطريقة إنتاشها تنتهي عملية التكاثر الجنسي في مغلفات البذور. ونستطيع تلخيص مخطط تعاقب الأجيال وحلقة الحياة في مغلفات البذور بالشكلين (رقم 8:91 و 8:92).


النبات البوغي
مئبر
مبيض
بذرة
بيضة ملقحة
انقسام منصف
(2n) ثنائي الصيغة الصبغية
اخصاب
أحادي الصيغة الصبغية (n)
أبواغ صغيرة
نطفة
نبات عروسي ذكري
حبة الطلع
بيضة
أبواغ كبيرة
نبات عروسي انثوي
كيس جنيني

شكل رقم 91:8

مخطط حلقة الحياة وتعاقب الأجيال في مغلفات البذور


مئبر
(2n) النبات البوغي
كيس طلعي
مئبر
المبيض
بويضة
الإنتاش
مبيض
(2n) كيس الأبواغ الكبيرة
بيضة
الكوة
كيس الأبواغ
(2n) الصغيرة
الثمرة
البذرة
القسام منصف
(n)
القسام منصف
(n) البوغة الكبيرة
(n) الأبواغ المتلاشية
(n) أبواغ صغيرة
الفلقات
غلاف البذرة
الجنين
السويقة
القسام خيطي
القسام خيطي
البذرة
نبات عروسي أنثوي
كيس جنيني
حب طلع غير ناضج
خلية الأنبوب الطلعي
خلية إعاشية
(3n) السويداء
(2n) الجنين
التأبير
التطور
نبات عروسي ذكري ناضج
أنبوب طلعي
النطفة في الأنبوب الطلعي
نواة الأنبوب الطلعي
(3n) السويداء
(2n) البيضة الملقحة
3 خلايا مقابلة للقطب
2 خلايا ثانوية
الإلقاح المضاعف
2 خلايا مساعدة
البيضة الكروية

شكل رقم 92:8

دورة حياة النباتات الزهرية

الروابط التطورية بين مغلفات البذور والحيوانات

لقد كان لحيوانات الأرض أثر على تطور النباتات البرية منذ استعمارها للأرض، وعكس ذلك صحيح. فقد دبت الحيوانات على أرض الغابة خالقة ضغطاً اصطفائياً يجتبي النباتات القادرة على حفظ أبواغها ونباتاتها العروسية الطالعة من الأرض بعيدة عن متناول معظم الحيوانات. ولربما كان من شأن هذه النزعة في النباتات أن تسهل تطور مقدرة الحشرات على الطيران.

إن هذا النمط من التأثير التطوري المتبادل بين الأنواع غالباً ما يأتي بالمنفعة على الشريكين كليهما. فمثلاً، ساعدت نشأة الأزهار والثمار في مغلفات البذور على نشر بعض الحيوانات لبذورها وحبات طلعها في آن كانت فيه الحيوانات تنتفع من تناولها ثمار تلك النباتات أو بذورها أو رحيقها.

من المحتمل أنه كان للعلاقات بين النبات ومأبره دور في زيادة تنوع الحيوانات ومغلفات البذور على حد سواء (شكل رقم 93:8). وأقصى هذه العلاقات تلك التي بين نوع من الزهور قائم بذاته لا يمكن له أن يتأبر إلا بوساطة نوع حيواني فريد. على سبيل المثال، يوجد في مدغشقر نوع من السحلبية Orchid ذي غدة رحيقية طولها 11 إنشاً، بحيث لا يقدر على تناول رحيقها إلا فمٌ ذو خرطوم طوله 11 إنشاً تنطوي مثل هذه التكيفات المترابطة على تغير جيني متبادل في كلا النوعين، يوصف بالتطور المشترك Coevolution.

العلاقة بين الأزهار ومؤبّراتها

تتصف معظم العلاقات بقلة نوعيتها، فمثلاً، ربما تجذب أزهار نوع معين من الحشرات دون الطيور، لكن قد يصلح الكثير من مختلف الحشرات كمؤبرات لها. وبالمقابل مثلاً، ربما يؤبر نوع حيواني مفرد (نوع نحل العسل Honeybee species) العديد من الأنواع النباتية. لكن حتى في مثل هذه العلاقات الأقل نوعية، عادة ما يعكس لون الزهرة وعبقها وتركيبها تخصصاً مع مجموعة تصنيفية من

المؤبرات، كاختلاف أنواع النحل أو طيور الطنان. وهناك تأثيرات أخرى ربما تسهم في تجسيد التنوع الزهري، كحيوانات تأكل الأزهار دون أن يكون لها دور في التأبير.

(a) زهرةٌ يُأبّرها نحل العسل. تجني نحلة العسل هذه الطلع والرحيق من زهرة "المقشة الاسكتلندية scottish broom". تمتاز هذه الزهرة بآلية إمساك تحني فيها مياسمها على النحلة وتنفضُ عليها غبارها، وفيما بعد يحتكُ بعضٍ منه بأخبية الزهرة المجاورة التي تُقْدِم عليها النُحلة.

(b) زهرةٌ تُأبّرها طيور الطُّنان. إن لسان طائر الطنان الحمْري هذا ومنقاره الطويل والرفيع يمكّنانه منْ سَبر الأزهار التي تفرز الرحيق في العمق من أنابيبها الزهرية. وقبل أن يرحل الطنان، تكون الماهر قد نفضت طلعها على منقاره وريش رأسه. وتمتاز معظم الأزهار التي تتأبَّر بوساطة الطيور بكونها حمراء أو وردية، وهي الوان تتحسسها عيون الطيور خاصة.

(c) زهرةُ تُأبّرها حيوانات ليلية. تعتمد بعض مغلفات البذور، كنبات الصبّار هذا، أساساً على المؤبِّرات الليلية، بما فيها الخفّاش. وتشترك مثل هذه النباتات بتكيّفات من ضمنها: لونٌ ساطعٌ وأريجُ فوّاحٌ يُمكّنان المؤبِّرات الليلية من الوقوع عليها.

شكل 93:8

يعزى تطور مغلفات البذور بجلاء إلى اختلاف أنواع الحشرات. لكن اتساع رقعة الأراضي المعشبة خلال الخمسة والستين مليون سنة الماضية قد زاد أيضاً من تنوع الثديات العاشبة كالخيول مثلاً. لقد انتشرت الأعشاب التي تقوم بعملية التركيب الضوئي C4 نتيجة انخفاض مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي فتأتى عن ذلك ميزة تصطفي عملية التركيب الضوئي C4 . وهكذا فقد كان تحول الغابات في إفريقيا إلى أراضٍ معشبة ما بين العشرة الملايين والمليوني سنة الماضية عاملاً حاسماً في نشوء سلالتنا نحن البشر.

يعتمد صلاح الإنسان اعتماداً كبيراً على النباتات البذرية ومنتجاتها

تعد النباتات البذرية في الغابات والحقول المصادر الأساسية للغذاء والوقود، والمنتجات الخشبية، والأدوية. واعتمادنا عليها هذا، يجعل الحفاظ على التنوع النباتي من الضرورة بمكان. يأتي غالب غذائنا من مغلفات البذور. إذ يستوفي الإنسان من

ستة محاصيل فقط (القمح، والأرز، والبطاطا، والكسافة cassava، والبطاطا الحلوة) ثمانين بالمائة من الحريرات التي يستهلكها. ونحن نعتمد على مغلفات البذور في إطعام الحيوانات الأهلية التي نربيها من أجل لحمها، فكل رطل من لحم البقر المعتمد على الحبوب يحتاج إلى 4.8 أرطال من الحبوب.

إن المحاصيل الحديثة المحورة وراثياً، هي حصيلة اصطفاء اصطناعي بدأه الإنسان بتدجينه النباتات منذ ثلاث عشرة آلاف سنة. ولكي تقدر معيار هذا التحول، لك أن تقارن أحجام النباتات المدجنة أو بعض صفاتها بقريناتها البرية الأصغر منها، كما في حالة الذرة والتيوسينت Teosinte .

كيف أمكن للنباتات البرية أن تتغير بهذا الشكل الملفت للنظر في زمن قصير نسبياً؟ لقد كان المزارعون خلال آلاف السنين ينتقون بذور النباتات ذات السجايا المحمودة (كبيرة الثمر، على سبيل المثال) ليزرعوها في محاصيلهم القادمة. ومع ذلك، ربما دجن الإنسان نباتات معينة أخرى من حيث لا يدري، كما في حالة اللوزيات البرية. إذ تحوي أشجار اللوز مركباً مراً يدعى الأميغدالين Amygdalin، ينفر الطيور وغيرها من الحيوانات. يتفكك هذا الأميغدالين إلى السيانيد ، ولذلك قد يؤدي تناول كميات كبيرة من اللوز البري إلى الموت. لكن الطفرات مكنت من تقليل مستوى الأميغدالين، لتجعل اللوز حلواً بدل من أن يكون مراً، بحيث استطاعت الطيور البرية أن تأكل اللوز من أشجار حدثت فيها مثل هذه الطفرات. وتدعى إحدى الفرضيات، أن الإنسان لاحظ الطيور وهي تأكل من ذلك اللوز، ومن ثم أكل منه بنفسه ، وعبر بعض من البذور في برازه، ثم أنتشت هذه البذور في محيط المستوطنات البشرية، ونمت نباتاتها بلوز أكثر حلاوة وأقل خطورة.

تؤمن النباتات الزهرية غذاءً غير أساسي يضاف إلى المحاصيل الرئيسية. إذ يأتي من أكثر مشروبات العالم شهرة من أوراق الشاي وحبوب القهوة، ويمكن أن تعتبر شجرة الكاكو المدارية أصلاً للكاكاو والشوكولا. تشتق بعض الأنواع من أجزاء مختلفة من النبات، كالأزهار (كبش القرنفل Cloves والزعفران)، والثمار والبذور

(الفانيليا Vanillia، والفلفل الأسود، والخردل ، والكمون)، والأوراق (الحبق Basil، والنعنع ، والمريمية Sage)، وحتى اللحاء في القرفة Cinnamon.

يعتبر العديد من النباتات البذرية – سواء عاريات البذور أو مغلفاتها– مصادر الخشب الذي نفتقده في جميع النباتات اللابذرية الحية. يتكون الخشب من تراكم خلايا الخشب ذات الجدر الصلبة ويعد الخشب المصدر الأول للوقود في معظم أنحاء العالم، وتستخدم عجينته المشتقة من الصنوبريات كالتنوب والصنوبر في صناعة الورق. ويبقى الخشب في شتى أصقاع الأرض المادة الأكثر استخداماً في تشييد البنية.

منذ قرون والإنسان يعتمد على النباتات البذرية في تحصيل الدواء. فقد كان للعديد من الثقافات باع طويل في استخدام العلاجات العشبية التي أثبت البحث العلمي صلتها الوثيقة بمركبات ثانوية موجودة في كثير من هذه النباتات، لينتهي في نهاية المطاف باصطناع الأدوية. فأوراق الصفصاف ولحاؤه مثلاً، استعملت منذ قديم الزمان كعلاج مفّرج للألم، وقد وجد في وصفات الطبيب اليوناني " أبو قراط ". تتبع العلماء في القرن التاسع عشر الخاصية الطبية للصفصاف إلى أن وصلوا إلى المركب الكيميائي " ساليسين Salicin" ، وحمض الصفصاف Acetysaliylic Acid ما هو إلا مشتقه التركيبي الذي ندعوه الأسبرين. ولا تزال النباتات مصدراً مباشراً للمركبات الطبية، وإن كانت الكيمياء الحديثة قد يسرت الاصطناع المخبري لها. ففي الولايات المتحدة مثلاً، تشتمل 25% من الأدوية الموصوفة على واحد أو أكثر من المكونات الأخرى فقد اكتشفت في النباتات البذرية أولاً، ثم أنتجت على نحو صنعي. يبين الجدول رقم(1:8) بعض الاستخدامات الطبية لمركبات ثانوية في النباتات البذرية.

الجدول ٨ : ١ عيّنة من الأدوية المستخلصة من النباتات البذرية

المركب	مثال على المصدر	مثال على الاستخدام
الأتروبين atropin	نبات ست الحسن belladonna	توسيع الحدقة في فحوصات العين
الديجيتالين digitalin	قفّاز الثعلب foxglove	دواء قلبي
المنثول menthol	شجرة الأوكالبتوس eucalyptus	من مكونات أدوية السعال
المورفين morphin	الخشخاش opium poppy	مفرّج للألم
الكينين quinine	شجر الكينا cinchona (انظر في الأسفل)	واقي من الملاريا
التاكسول taxol	الطَّقسوس الهادي pacific yew	من أدوية سرطان المبيض
التوربوكورارين turbocurarine	شجرة الكورار curare	مرخي عضلي في الجراحات
الفينبلاستين vinblastin	الوِنكة periwinkle	من أدوية الابيضاض leukemia

لحاء الكينا. مصدر الكينين

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصـــل التاسع

التكاثر الإعاشي في النباتات الوعائية

9-1 التكاثر الإعاشي بالتجزؤ.

9-2 التكاثر الإعاشي بوساطة أعضاء خاصة.

9-3 تطبيقات التكاثر الإعاشي في الزراعة.

9-3-1 الافتسال.

9-3-2 الترقيد.

9-3-3 التطعيم.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل التاسع

التكاثر الإعاشي في النباتات الوعائية

تتميز النباتات بشكل عام بأنها تتكاثر إعاشياً أو لاشقياً إلى جانب تكاثرها الجنسي، حيث يتم انعزال جزء من النبات، يستقل عن النبات الأم ثم يتحول إلى فرد جديد. أي هناك هذا النمط من التكاثر يحدث اعتباراً من الجهاز الإعاشي (السوق والأوراق والجذور أو ما يقوم مقامها). ولذلك فهو يطبع بالمحافظة على الصفات الوراثية، بينما يتميز التكاثر الجنسي أو الشقي بالتطور والتبدل..

يصادف هذا النمط من التكاثر في بعض الحيوانات الدنيا كنجوم البحر والهيدرا ويعد مقصوراً عليها لأنه ليس سوى حالة شاذة، إلا أنه على العكس ينتشر بكثرة في النباتات حتى الراقية منها. وأكثر من ذلك فإن بعض هذه النباتات الراقية لا تتكاثر إعاشياً، كما هي الحال في الفريز (توت الأرض)وسوسن الحدائق.

يتم التكاثر الإعاشي في النباتات الراقية إما عن طريق التجزؤ، وإما بتشكيل أعضاء خاصة:

9-1 التكاثر الإعاشي بالتجزؤ:

ويتم بفصل جزء من أجزاء النبات مجهز ببرعم من براعمه، ووضعه في شروط ملائمة لإنباته، حيث يتحول إلى فرد جديد. وتعد الايلوديا الكندية *Elodea Canadensis* مثالاً نموذجياً لهذا النمط من التكاثر (شكل رقم 1:9). فالايلوديا نبات مائي، ثنائي المسكن، موطنه الأصلي أمريكا. وقد انتقل نبات مؤنث بطريق الصدفة بوساطة السفن من كندا إلى انكلترا، حيث تكاثر إعاشياً وانتشر في جميع أنهار وسواقي أوربا كنبات مؤنث فقط.

كذلك الحال بالنسبة إلى جذمور السوسن (ساق ترابية)، وألواح الصباريات وغيرها من النباتات التي تتكاثر إعاشياً عندما تسقط على سطح التربة وتجد الظروف الملائمة.

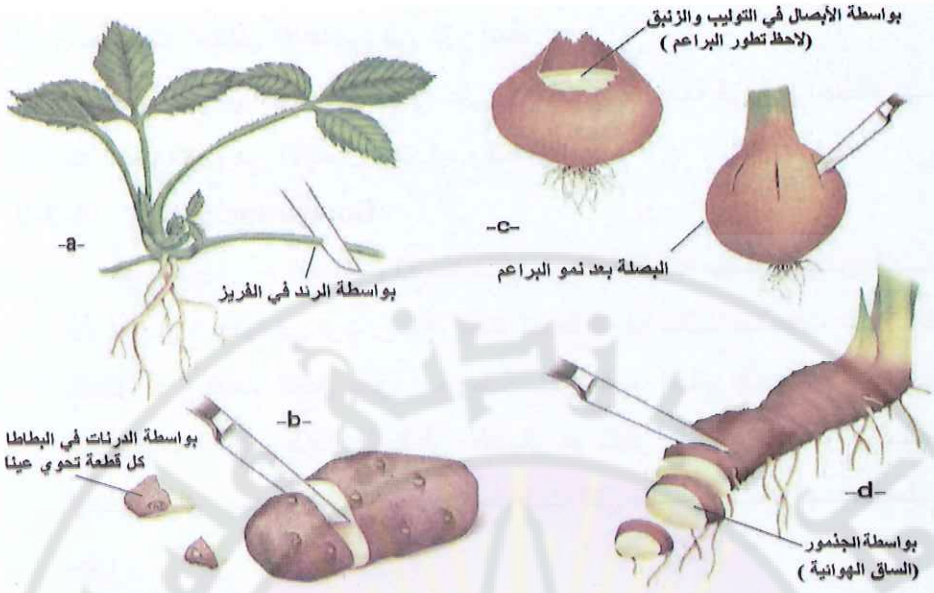
شكل رقم 1:9

التكاثر الإعاشي بالتجزؤ

قطع الساق في التين (يساراً). قطع الأوراق في نبات *Sansevieria* (يميناً) .

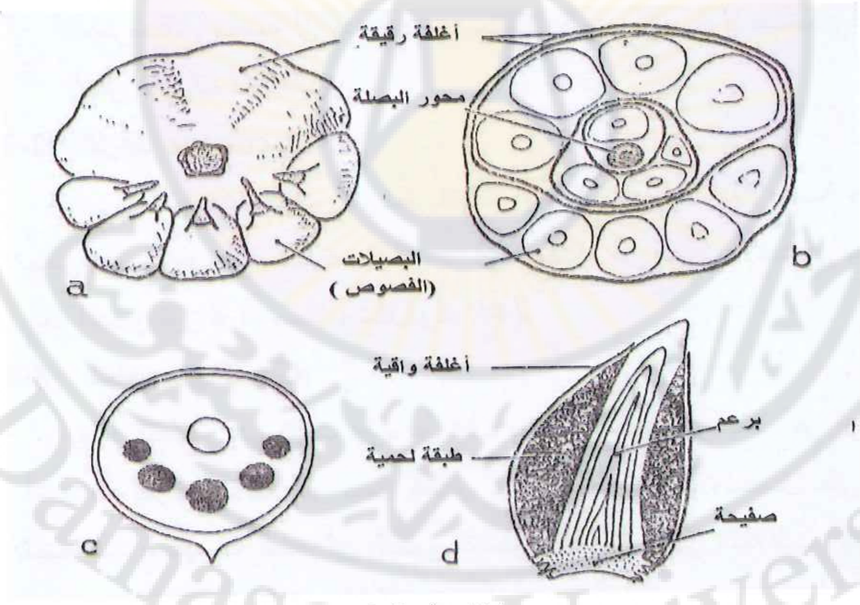
9-2 التكاثر الإعاشي بوساطة أعضاء خاصة:

تعطي النباتات الراقية في بعض الحالات، أعضاء خاصة تؤمن تكاثر النوع إعاشياً، كما هي الحال في الساق الذي يمكنه أن يشكل جذوراً أو رئداً Stolon قبل أن ينفصل عن النبات الأم كما في نبات الفريز (توت الأرض) Fraisier شكل رقم (a-2:9) أو في درنات البطاطا (شكل رقم b-2:9)، وأبصال كثير من أفراد الفصيلة الزنبقية كالبصل والتوليب Tulipe والزنبق وكذلك الحال في الفيكاريا *Ficaria* (شكل رقم 2:9- C) إضافة إلى قطع الجذامير Rhizomes أو الساق الهوائية في العديد من النباتات (شكل رقم 2:9- d)، وفصوص نبات الثوم التي تظهر في قاعدة الساق أو البراعم الزهرية في بعض أنواع الثوم البري (شكل رقم 3:9).


بواسطة الأبصال في التوليب والزنبق
(لاحظ تطور البراعم)
-a-
-c-
البصلة بعد نمو البراعم
بواسطة الرند في الفريز
بواسطة الدرنات في البطاطا
كل قطعة تحوي عينا
-b-
-d-
بواسطة الجذمور
(الساق الهوائية)

شكل رقم 2:9

التكاثر بوساطة أعضاء خاصة


أغلفة رقيقة
محور البصلة
البصيلات
(الفصوص)
a
b
أغلفة واقية
برعم
طبقة لحمية
صفيحة
c
d

شكل رقم 3:9

التكاثر الإعاشي بوساطة البصلة في الثوم

9-3 تطبيقات التكاثر الإعاشي في الزراعة:

تطبق طرائق التكاثر الإعاشي على النباتات الاقتصادية في الزراعة، ويتم ذلك بثلاث طرائق وهي الافتسال والترقيد والتطعيم:

9-3-1 الافتسال Bouturage:

هو عملية زرع الفسيلة، والفسيلة ساق مورقة أو درنة مفصولة عن النبات الأم تغرس قاعدتها في تربة رطبة، حيث تحيط التربة بثلاث سلاميات على الأقل، فتتشكل على قاعدة الساق جذور معترضة تحقق للفرد النباتي الجديد حياة مستقلة (شكل رقم 1:9). وهكذا نلاحظ أن الافتسال هو تكاثر بالتجزؤ يتحقق بوساطة الإنسان، ولهذا يجب الانتباه لبعض الاحتياطات التي تضمن نجاح هذه العملية نحو:

- تجنب جفاف الفسيلة قبل نمو جذورها المعترضة ويمكن ذلك بعزل أوراق الفسيلة وتقليل التعرق.
- إضافة بعض المواد (كالسكاكر والفيتامينات) المساعدة. لظهور الجذور المعترضة، وخاصة أن هذه الجذور ستتشكل في مواضع لا تتشكل فيها الجذور في الحالة العادية.

9-3-2 الترقيد Marcottage:

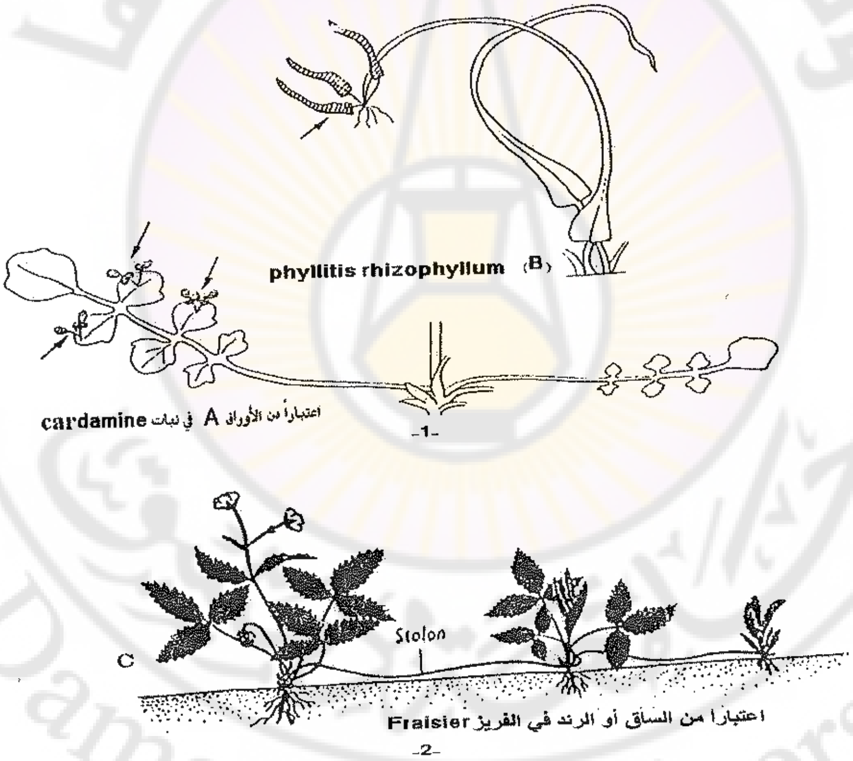
وهي عملية عكس غصن مرتبط بالنبات الأم وإدخاله في تربة رطبة حتى يعطي جذوراً معترضة تساعده كلما نمت في استقلاله عن النبات الأصلي حتى يأخذ أشده ويكون فرداً جديداً (شكل رقم 4:9).

9-3-3 التطعيم Greffage:

يعتمد التطعيم على تثبيت جزء من نبات يعرف بالطعم على نبات آخر قريب الشبه منه يعرف بالأصل أو حامل الطعم، حيث تلتحم نسجهما ونحصل على كائن مضاعف، يستفيد فيه الطعم من الجذور المتطورة للأصل والتي تثبته في التربة وتؤمن عملية الإمداد بالماء والأملاح لكلا النباتين، كما يستفيد الأصل من المجموع الإعاشي للطعم، وبذلك يتوافر للنبات المضاعف الناتج مزايا النباتين

معاً، ويتم الالتحام دائماً في مستوى الكامبيوم اللحائي الخشبي. ولهذا لا يمكن تطعيم النباتات أحاديات الفلقة وخفيات الإلقاح الوعائية Cryptogames لعدم احتوائها على الكامبيوم.

ولكي ينجح التطعيم يجب أن يكون الطعم من نفس جنس الأصل، أو من جنس آخر قريب منه يشبهه في صفات كثيرة. كأن نطعم الأجاص البري مثلاً ببعض أنواع الأجاص الجيد، والبطم بالفستق الحلبي، والبرتقال بالنارنج...الخ . يحتفظ كل فرد من الفردين السابقين (الطعم وحامل الطعم) بصفاته الشكلية والكيميائية والحيوية، وهكذا فإن تطعيم القلقاس الغني بسكر الإينولين على نبات عباد الشمس الذي لا يشكل سكر الإينولين يبين كيف أن الإينولين يبقى في الطعم، في حين يخرب عباد الشمس كل الإينولين الذي يصل إليه من الطعم.


phyllitis rhizophyllum (B)
اعتباراً من الأوراق A في نبات cardamine
-1-
Stolon
C
اعتبارا من الساق أو الرند في الفريز Fraisier
-2-

شكل رقم 4:9

التكاثر الإعاشي بالترقيد Marcottage

تتجلى الفائدة من التطعيم في الاحتفاظ بجودة الصنف، ومقاومة الأمراض، وسرعة الإثمار، ثم استكثار نباتات في تربة لا تلائم نمو جذورها كما هي الحال في الأراضي الرملية التي ينجح فيها الليمون أكثر من البرتقال، ولهذا يطعم البرتقال على أصول من الليمون.

وهناك عدة أنواع من التطعيم أهمها ما يلي (شكل رقم 5:9):

- **التطعيم بالقلم:**

حيث يقطع الأصل أفقياً وعلى مقربة من سطح الأرض، ثم يعمل فيه شق عمودي، ويوضع فيه الطعم الذي قطع على شكل القلم (الحاوي على برعمين أو ثلاثة) بشكل تنطبق فيه أنسجة الكامبيوم في القلم والأصل. بعد ذلك يطلى الجرح بطلاء خاص ويلف برباط محكم وذلك لوقايته من الظروف البيئية المحيطة (شكل رقم 5:9– A).

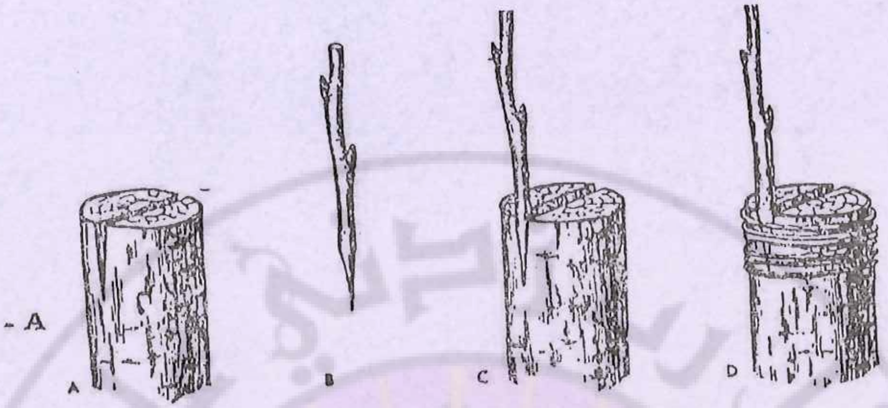
- **التطعيم بالبرعم:**

يقطع أحد البراعم الكامنة تامة النمو، قطعاً يصل إلى الخشب وينتزع جانباً من القشرة، ويفصل عن النبات الذي يراد التطعيم منه باحتراس شديد، ثم يوضع البرعم المقطوع في شق يعمل في النبات الأصل على شكل حرف T. ويربط موضع التطعيم برباط محكم كالسابق، لوقاية الطعم من الظروف البيئية المحيطة (شكل رقم 5:9–B).

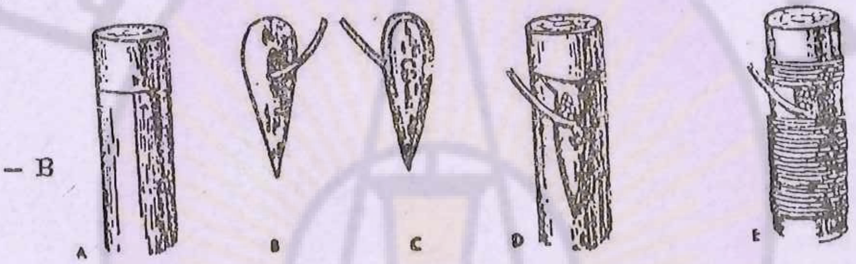
- **التطعيم باللصق:**

تستعمل في هذه الطريقة أصول مزروعة في أصص، لا يزيد عمرها على ثلاث سنوات، وتبدأ بنزع مساحة صغيرة من قلف الأصل، ثم نختار فرعاً من طعم جيد (يحوي برعمين أو ثلاثة) وينزع منه القلف هو الآخر لمساحة محدودة. وبعد ذلك يقرب الأصل من الطعم ويربطان بإحكام ثم يطليان بطلاء خاص، وينتظر مدة شهرين أو ثلاثة أشهر حتى يتم التئام الجروح، وعندئذ يقطع الطعم أسفل نقطة الالتئام، كما يقطع الأصل أعلاها، حتى يصل كل الغذاء إلى الطعم. ويوضع النبات المطعم حديثاً في مكان ظليل حتى يمكن استمرار نمو الفرع على

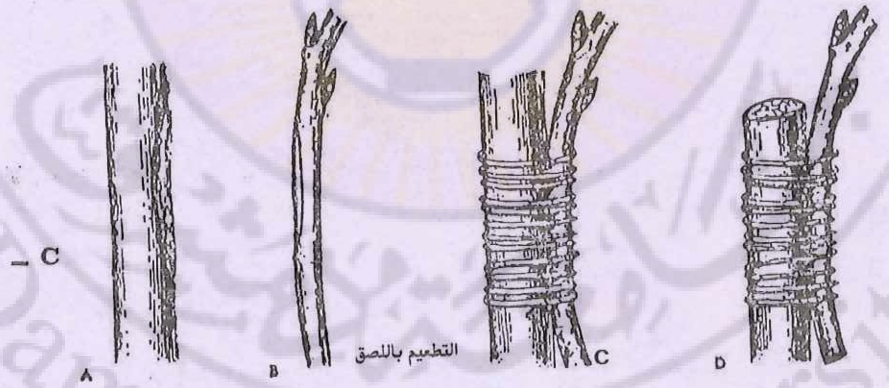
الأصل، ثم ينقل الأصل بعد ذلك من الأصل إلى الأرض مباشرة (شكل رقم 5:9- C).



التطعيم بالقلم



التطعيم بالبرعم



التطعيم باللصق

شكل رقم 5:9

طرائق التطعيم المختلفة

الفصل العاشر

تعاقب الأجيال

Alternation of Generations

10-1 تعاقب الأجيال في المشريات.

10-2 تعاقب الأجيال في البريويات.

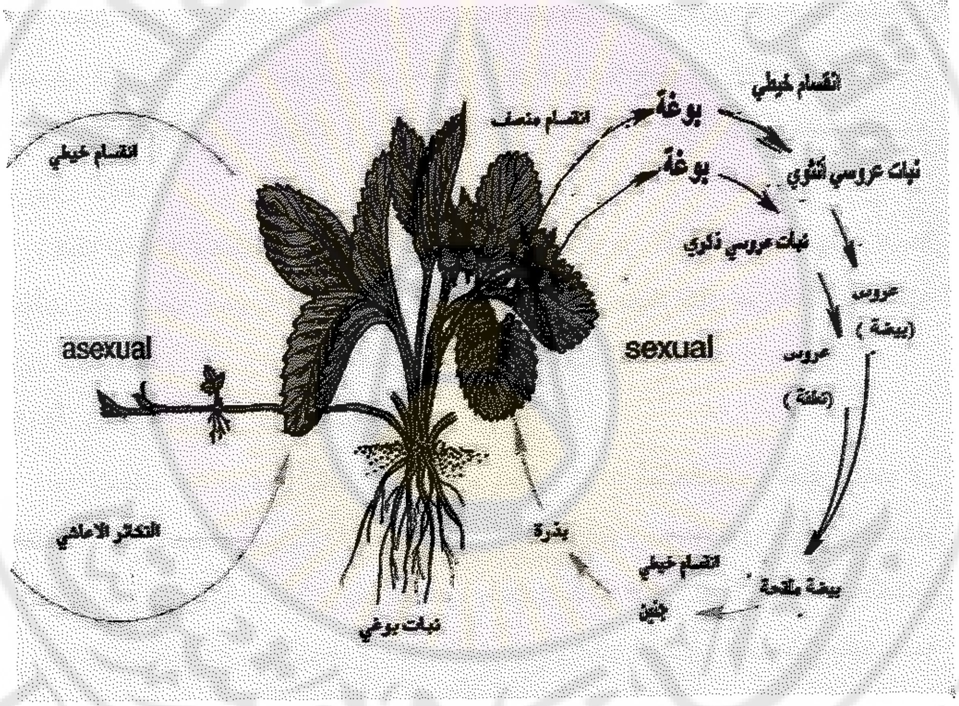
10-3 تعاقب الأجيال في التريديات.

10-4 تعاقب الأجيال في النباتات البذرية.

الفصل العاشر

تعاقب الأجيال Alternation of Generations

وهي مرحلة تطورية ينفرد بها العالم النباتي عن العالم الحيواني. وتقسم حياة النبات إلى جيلين: جيل النبات العروسي Gametophyte وهو أحادي الصيغة الصبغية Halophase (1n)، وجيل النبات البوغي Sporophyte وهو ثنائي الصيغة الصبغية Diplophase (2n) ويطلق على حادثة الانتقال من جيل إلى آخر اسم تعاقب الأجيال (شكل رقم1:10).


انقسام خيطي
بوغة
انقسام منصف
بوغة
نبات عروسي أنثوي
نبات عروسي ذكري
عروس
(بيضة)
عروس
(نطفة)
انقسام خيطي
asexual
sexual
التكاثر الإعاشي
بذرة
انقسام خيطي
بيضة ملقحة
جنين
نبات بوغي

شكل رقم 1:10

التكاثر الإعاشي والجنسي وتعاقب الأجيال في الفريز.

يختلف مكان التنصيف في حلقة تطور الحيوانات عنه في حلقة تطور النباتات. حيث يجري في الأولى قبل تشكل الخلايا الجنسية أو الأعراس Gametes والتي تمثل

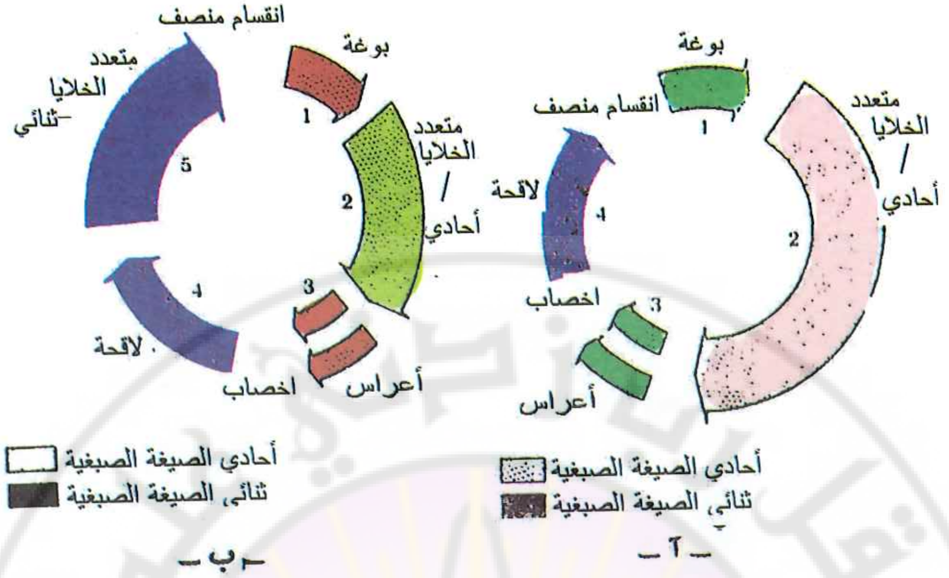
وحدها وحدانية الصيغة في حلقة الصيغة في حلقة تطور الحيوانات (شكل رقم4:10-ب). بينما يتبع التنصيف في النباتات بتشكل المشرة الابتدائية أو النبات العروسي بصيغته الأحادية. ويقابل هذه المشرة نبات إعاشي آخر مؤلف من مجموعة خلوية ثنائية الصيغة تبدأ بالإلقاح وتنتهي بالتنصيف ويسمى النبات البوغي، ويشكل كلا النباتين البوغي والعروسي حلقة تطور النباتات (شكل رقم4:10-أ)

تختلف صفات النبات البوغي والعروسي وطول جيله باختلاف الزمر النباتية ويزداد هذا الاختلاف كثيراً في بعض الزمر كالطحالب مثلاً. فقد يجري التنصيف في بداية حلقة التطور أي في الانقسام الأول بعد تشكل البيضة الملقحة ويسيطر في هذه الحالة الجيل العروسي على حلقة تطور النبات (شكل رقم2:10-أ) وقد يجري التنصيف في نهاية حلقة النمو أي قبل تشكل الأعراس، ويسيطر في هذه الحالة الجيل البوغي على حلقة تطور النبات (شكل رقم4:10-ب) . وبين الشكلين توجد جميع المراحل الانتقالية.

وهكذا تختلف مخططات تعاقب الأجيال باختلاف الزمر النباتية. أما أهمية هذا التعاقب من الناحية الحيوية فهو ما زال غير واضح ولكن يعتقد كثير من العلماء أنه يساعد على انتشار النوع بصورة أفضل في البيئات الجافة.

1-10 تعاقب الأجيال في المشريات:

لقد لاحظنا عند دراسة التكاثر الشقي في بعض أنواع الطحالب والفطريات أن هناك اختلافاً كبيراً في صفات النبات البوغي والنبات العروسي وطول جيله، وانعدام العلاقات الفيزيولوجية أحياناً بينهما كما في طحلب خس البحر *Ulva* وهكذا نلاحظ في المشريات البدائية منها سيطرة الجيل العروسي وتمثل الجيل البوغي بالبيضة الملقحة فقط كما يوضح الشكل (رقم 2:10- أ) ، ثم نلاحظ وجود جميع المراحل الانتقالية التي تنتهي بتساوي الجيلين في طحلب خس البحر (شكل رقم 2:10- ب) الذي يعد كأساس في اشتقاق سيطرة أحد الجيلين.


بوغة
انقسام منصف
1
متعدد
الخلايا
/
أحادي
2
لاقحة
4
اخصاب
3
أعراس
أحادي الصيغة الصبغية ▨
ثنائي الصيغة الصبغية ■
ـ أ ـ
انقسام منصف
بوغة
1
متعدد
الخلايا
ثنائي
5
متعدد
الخلايا
/
أحادي
2
3
4
لاقحة
اخصاب
أعراس
أحادي الصيغة الصبغية ☐
ثنائي الصيغة الصبغية ■
ـ ب ـ

شكل رقم 2:10

مخطط تعاقب الأجيال في المشريات

أ- في الطحالب البدائية مثل كلاميدوموناس.

ب-في الطحالب الأخرى مثل خس البحر *Ulva lactuca*.

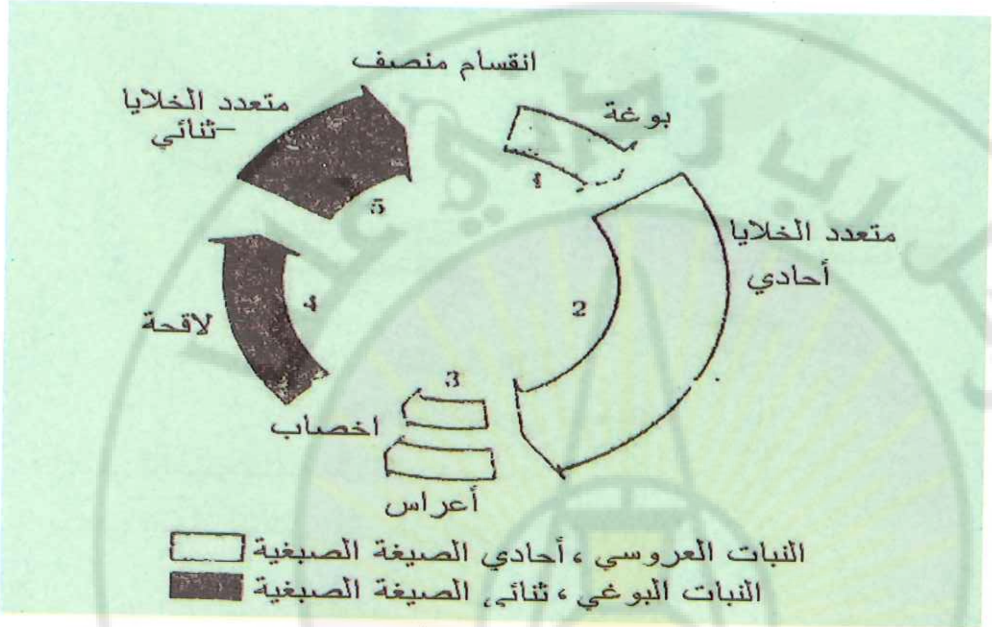
2-10 تعاقب الأجيال في البريويات:

لقد لاحظنا ارتباط النبات البوغي بالنبات العروسي عند دراستنا لحلقة تطور البريويات، ووجود علاقات فيزيولوجية بينهما كما في الفوناريا *Funaria* . إلا أن الجيل العروسي هو الذي يسيطر في هذه الزمرة النباتية ويشكل النبات المورق بينما يقتصر الجيل البوغي على البيضة الملقحة والمحفظة Capsule الحاوية على الأبواغ (شكل رقم 3:10).

3-10 تعاقب الأجيال في التريديات:

تدل دراسة حلقة تطور سرخس البولي بود Polypode على سيطرة الجيل البوغي (أي عكس ما لاحظناه في الزمرتين السابقتين) الذي ينمو نمواً كبيراً، إذ يتألف من جذر وساق وأوراق تحمل خلفها عدداً من الأبواغ الرباعية الصغيرة التي تنتشر من

الكيس البوغي وتنتش في شروط ملائمة لتعطي طليعة المشرة (النبات العروسي) التي تتمايز وتعطي الأرحام والمناطف، ويتم الإلقاح وإنتاش النبات البوغي ضمنها من جديد. وبهذا نلاحظ في مخطط تعاقب الأجيال (شكل رقم 4:10-أ) تمثيل سيطرة هذا الجيل البوغي.

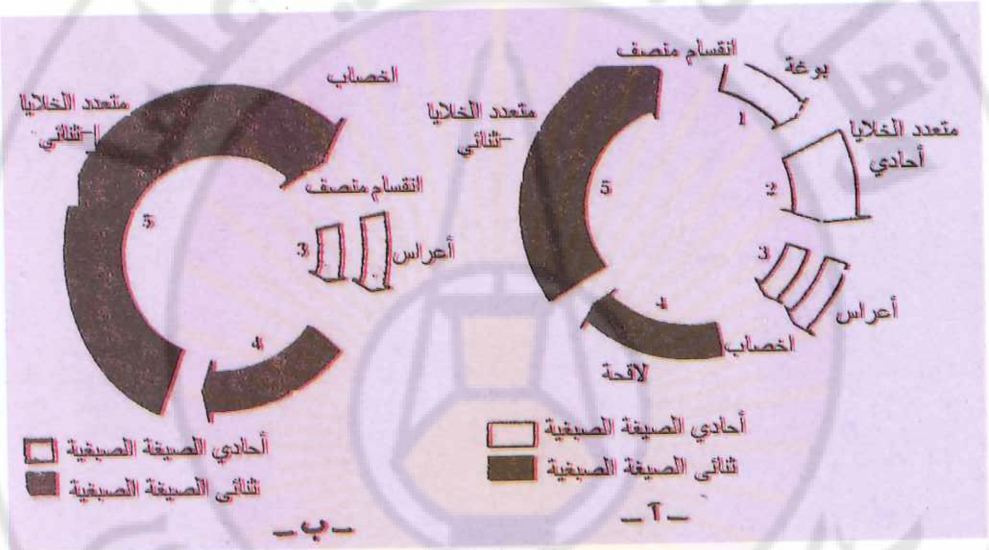

انقسام منصف
بوغة
1
متعدد الخلايا
أحادي
2
3
اخصاب
أعراس
لاقحة
4
5
متعدد الخلايا
ثنائي
النبات العروسي ، أحادي الصيغة الصبغية
النبات البوغي ، ثنائي الصيغة الصبغية

شكل رقم 3:10 مخطط تعاقب الأجيال في البريويات.

4-10 تعاقب الأجيال في النباتات البذرية:

تزداد سيطرة الجيل البوغي في النباتات البذرية، ويضمر النبات العروسي فيعيش متطفلاً على النبات البوغي (شكل رقم 4:10- ب). إلا أن هناك بعض النباتات التي تشبه التريديات وحتى البريويات في مخططات تعاقب أجيالها بمعنى أنه توجد هنا أيضاً بعض المراحل الانتقالية قبل الوصول إلى المخطط النهائي (الشكل رقم 4:10- ب) والذي يصبح فيه النبات العروسي من الضآلة بحيث يستحيل معها رؤيته بالعين المجردة، بينما يصل النبات البوغي إلى حجم كبير ودرجة متقدمة من التخصص والتعضي والتعقيد في تركيبه.

إن ازدياد سيطرة الجيل البوغي كلما اتجهنا نحو النباتات الراقية لا يعني ازدياد أهميته. حيث يعتقد الكثير من العلماء بتساوي أهمية الجيلين البوغي والعروسي في الأصل، واختلافهما نتيجة لسلوك تطوري مختلف وانتقال النباتات التدريجي من الحياة المائية إلى الحياة الجافة على اليابسة. هذا وإن الهوة الموجودة بين النباتات المائية (المشريات) من ناحية والنباتات الهوائية (الوعائيات) من ناحية أخرى، تعد من أعمق الهوات الموجودة في العالم النباتي، إلا أن آلية التطور الغامضة التي حدثت عبر ملايين السنين، استطاعت أن تذلل جميع الصعوبات وأن توجد جميع المراحل الانتقالية بين هاتين الزمرتين.


انقسام منصف
بوغة
1
متعدد الخلايا
أحادي
2
3
أعراس
4
الخصاب
لاقحة
5
متعدد الخلايا
-ثنائي
أحادي الصيغة الصبغية
ثنائي الصيغة الصبغية
-آ-
الخصاب
متعدد الخلايا
-ثنائي
انقسام منصف
3
أعراس
5
4
أحادي الصيغة الصبغية
ثنائي الصيغة الصبغية
-ب-

شكل رقم 4:10

مخطط تعاقب الأجيال في التريديات والنباتات البذرية.

أ- في التريديات وبعض النباتات البذرية.

ب- في بقية النباتات البذرية وفي الحيوانات.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الحادي عشر

زيادة تكاثر النباتات وتحسينها بزراعة الخلايا والأنسجة

11-1 نشوء زراعة الخلايا والأنسجة وتطورها.

11-2 طرائق الحصول على نباتات الأنابيب.

11-3 الفوائد العملية لزراعة الخلايا والأنسجة.

11-4 الصعوبات التي تواجه الحصول على نباتات الأنابيب.

الفصل الحادي عشر
زيادة تكاثر النباتات وتحسينها بزراعة الخلايا والأنسجة

11-1 نشوء زراعة الخلايا والأنسجة وتطورها:

سعى الإنسان، منذ أن اهتدى لزراعة بعض أنواع النباتات، إلى معرفة طرائق تكاثرها، وتحسين إنتاجها عن طريق الاصطفاء والتطعيم. وكانت الطبيعة خير مرشد له فوجهته أولاً إلى الطرائق الأساسية لهذا التكاثر وهي التكاثر بالترقيد، التكاثر بالفسائل- التكاثر بالتطعيم. وبما أن البذور تنشأ من اتحاد خليتين عروسيتين كما لاحظنا سابقاً، لذلك يطلق على التكاثر بوساطة البذور اسم التكاثر الجنسي، أما بقية الطرائق فيجري تكاثرها بغرس أقسام من السوق الهوائية أو الترابية، لذلك يطلق عليها اسم التكاثر الإعاشي أو اللاشقي.

لقد تضاعف عدد سكان الأرض آلاف وملايين المرات فازدادت حاجتهم إلى الإنتاج الزراعي لتحقيق المتطلبات الغذائية والصناعية والدوائية. لذلك سعى الباحثون لاكتشاف طرائق حديثة تؤمن حاجات الإنسان من تلك المنتجات، بمقادير كافية، وبكلفة زهيدة، وضمن زمن قصير. وخاصة إذا وضعنا في حسابنا ما ذكره العالم بورلوغ Borlaug عام 1983 من أن عدد الأنواع النباتية التي استعملها الإنسان في غذائه قبل 10.000 سنة كانت بحدود 3000 نوع، وأننا حالياً نستعمل في غذائنا نحو 30 نوعاً فقط، ولا يتجاوز ما دُرس من الأنواع النباتية كمصادر محتملة للأدوية عن الخمسة آلاف. بل إن غالبية البشر تستخدم الآن ما لايزيد على اثني عشر نوعاً نباتياً في غذائها، نتيجة الاستثمار غير الرشيد للبيئة ونتيجة التطور الصناعي والعمراني الذي أدى إلى تدهور المزروعات بهذا الشكل.

ربما تكون النباتات مصدراً قابلاً للتجدد، لكن هذا لا ينطبق على التنوع النباتي. فالانفجار السكاني ومتطلباته من مساحات وموارد يقضي على الأنواع النباتية قضاءً لم يسبق له مثيل. والمشكلة على أشدها في المناطق المدارية. حيث يعيش أكثر

من نصف البشر، وحيث النمو السكاني الأسرع. والذي سيزيل غابات الأرض المدارية في غضون 25 سنة وفق إحدث الدراسات. وتعتبر تصفية الغابات بالقطع والحرق بغرض الاستخدام الزراعي أشيع سبب لهذه الإبادة . ومع زوال الغابات، ستزول آلاف الأنواع النباتية.

يتبع فقدان الأنواع النباتية غالباً فقدان الحشرات وحيوانات الغابة المطرية الأخرى. ويقدر الباحثون أن إبادة الموئل في الغابات المطرية وغيرها من المنظومات البيئية يأتي في كل عام على مئات الأنواع. وهذا المعدل هو الأسرع من نوعه إذا ما قورن بأي زمان آخر.

وتعد طريقة إنتاج النباتات ضمن الأنابيب، عن طريق زرع نسج أو خلايا في مستنبت مغذ، أحدث الطرائق المستعملة حالياً لتحقيق هذه الأغراض.

إن أول من فكر بزراعة النسج ضمن مستنبت يحوي المركبات الغذائية الضرورية لحياة الخلايا كان الطبيب الانكليزي المشهور الكسيس كارل Alexis carl (1873–1944م). وقد استطاع لأول مرة في تاريخ العلم تحقيق التكاثر الخلوي للأنسجة الحيوانية. وفي عام 1902 م نشر العالم الألماني هابرلنت Haberlandt بحثاً تكلم فيه على محاولة قام بها لزرع نسج نباتية. وبين الفائدة التي يمكن الحصول عليها من زراعة خلايا نباتية مختلفة المنشأ، لأن ذلك يسمح بفهم العلاقة الموجودة بين مختلف الأنسجة، والتناسب الموجودة بين الأعضاء. كما تنبأ في بحثه عن أهمية سائل الكيس الجنيني في نمو الجنين، وإمكان الحصول على أجنة اصطناعية انطلاقاً من خلايا نباتية. وقد تأكدت نبوءاته بعد أكثر من خمسين عاماً.

ولكن بالرغم من الجهود التي بذلها هذا الباحث لم يتمكن من الحصول على انقسام الخلايا النباتية في الأنابيب، لكنه استطاع أن يبقيها حية مدة من الزمن.

لقد تتابعت الأبحاث المتعلقة بزراعة الخلايا والنسج للحصول على الانقسام والتمايز الخلوي ضمن الأنابيب ولكنها لم تفلح إلا في عام 1934 م ، وذلك حينما استطاع العالم الأمريكي وايت White (من 1934–1940 م) تحقيق نمو جذور البندورة في المستنبت. وقد لاحظ هذا العالم أهمية وجود الفيتامينات كمحرضة للانقسام

الخلوي. وفي الفترة نفسها تمكن العالم الفرنسي غوتير Gautheret من زرع خلايا كامبيوم منزوعة من قشور نبات الصفصاف في مستنبت يحوي الأوكسين Auxine بالإضافة إلى المواد المغذية، فنمت تلك الخلايا وانقسمت بصورة مستمرة، ولكنها لم تعط نباتاً كاملاً.

ويعد العالم ستيوارت Stewart أول من نجح في زراعة الأنسجة بصورة كاملة وعمل في مخابر جامعة كورنيل في الولايات المتحدة، حيث أخذ شرائح رقيقة من الجزر، وضعها في أنبوب اختبار يحوي مستنبتاً مغذياً ومعقماً، وثبت الأنبوب على جهاز ميكانيكي رجراج، وهزه هزاً متواصلاً وشديداً حتى انفصلت خلايا الميريستيم المتماسكة. وكانت بعضها منفردة وبعضها بشكل مجموعات. ثم عزل الخلايا المنفردة بوساطة أنابيب شعرية، ووضع كل خلية في أنبوب اختبار يحتوي مستنبتاً معقماً سائلاً وبعد مدة قصيرة بدأت الخلايا بالانقسام، وأعطت أنسجة ذات جذور. ثم نقلت هذه الأنسجة إلى أطباق تحوي مستنبتاً هلامياً، فنمت وتفرعت فيها الجذور وأخذت تمتص الغذاء وتدفعه إلى الأنسجة ثم ظهرت السوق والأوراق. وأخيراً نقلت النباتات الصغيرة إلى أرض زراعية فنمت بصورة طبيعية.

وقام بعد ذلك العالمان فاسيلي وهيلد براندت بتجارب مماثلة على نبات التبغ، واستطاعا الحصول على أكثر من ألف نبتة صالحة للزراعة من غرام واحد من الخلايا الحرة المزروعة.

وهكذا بدأت بين عام 1960-1970 م تطبيقات البستنة على النباتات السحلبية Orchidees من قبل العالم الفرنسي موريل Morel ومساعديه (1960 م) وعلى القرنفليات من قبل العالم اندرسون Anderson (1967 م) كما بدأ الاستعمال التجاري لزراعة الأنسجة خاصة في أمريكا (مورشنج Morchenge) منذ عام 1970 م . إلا أن التوسع السريع في الأبحاث والطرائق وزيادة الاستثمار التجاري لزراعة الخلايا والنسج جاء مع بداية الثمانينات في كل من أمريكا واليابان ومعظم الدول الأوربية.

11-2 طرائق الحصول على نباتات الأنابيب:

من المعلوم أن كل نبات حي يحوي ثلاثة أنواع من الخلايا:

- خلايا حية، ذات نواة نشيطة، أي تقوم بالانقسام مولدة خلايا ونسجاً جديدة، متشابهة ثم تتمايز.
- خلايا ذات نواة ساكنة، ولكن يمكن، ضمن بعض الشروط ، أن تتحول إلى خلايا نشيطة منقسمة.
- خلايا ميتة لأن النواة فيها زالت، وتراكمت في جوف الخلايا فضلات ومدخرات.

تؤلف الخلايا الحية النشيطة نسيجاً يعرف باسم الميريستيم، ويتوضع هذا النسيج كما ذكرنا سابقاً في عدة مناطق من جسم النبات هي:

1- في البراعم الانتهائية والجانبية الموجودة على الساق. ويؤدي انقسام خلاياه إلى استطالة الجذع والأغصان الجانبية في النبات.

2- في نهاية الجذور الفتية، وفوق القلنسوة، ويؤدي انقسام خلاياه إلى زيادة في طول الجذر.

3- في منتصف الساق والجذر وأعناق الأوراق، حيث يشكل الميريستيم الثانوي (الكامبيوم) حلقة من الخلايا النشيطة ، تعطي عند انقسامها لحاء إلى الأعلى وخشباً إلى الأسفل. وهذا ما يؤدي لنمو الساق والجذر عرضاً.

4- في الرشيم حيث تكون جميع خلاياه حية، إلا أنها تمر بدور حياة ساكنة عند الجفاف، ثم لا تلبث أن تتحول إلى خلايا نشيطة حينما تتوافر لها الرطوبة والحرارة.

وللحصول على نباتات تنمو ضمن الأنابيب لا بد لنا من تحقيق الأمور الآتية:

1- تحضير مستنبت معقم يحوي مواد سكرية مغذية، بالإضافة إلى مجموعة من الشوارد الضرورية لنمو النبات، ويكون المستنبت سائلاً أو صلباً، حسب الحاجة. وتضاف إليه منشطات ومركبات تثبت فيها درجة الـ pH . ويوضع في شروط مناسبة من الحرارة والإضاءة.

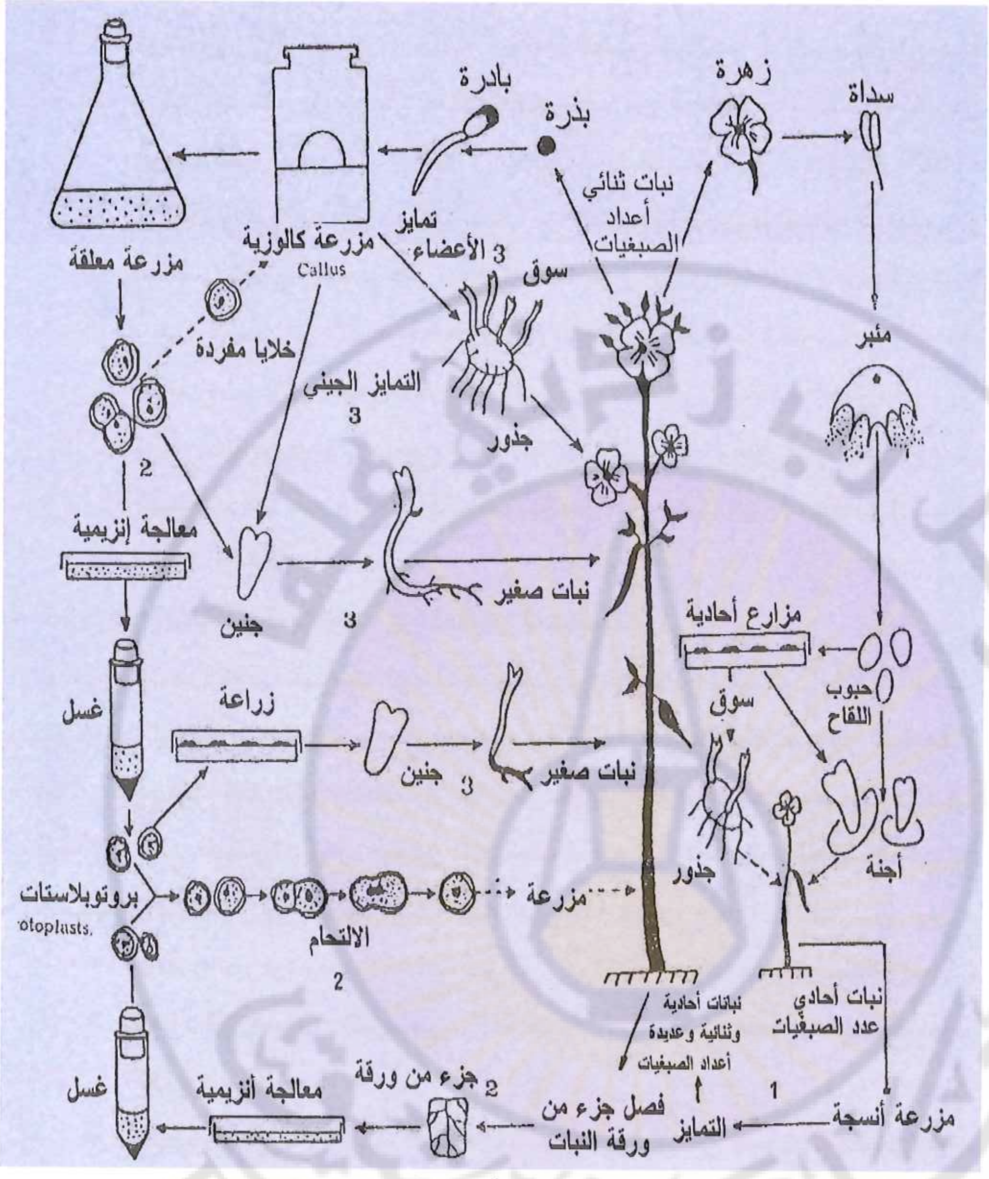
ويبدو أن توفير الشروط البيئية المناسبة لنمو الخلايا والأنسجة النباتية وتطورها مخبرياً، لم يكن بحاجة لكبير جهد من العلماء، فاستخدام صنف من أنابيب الفلورسنت التي يمكنها أن تعطي إنارة ضوئية تتراوح بين 1000-5000 لوكس أو أكثر، وذلك حسب نوع النبات (من نباتات الشمس أو نباتات الظل) وحسب عمره أيضاً، لمدة تتراوح بين 12-16 ساعة يومياً وحرارة من 20-25 درجة مئوية مع توافر الرطوبة الجوية الملائمة. استطاع أن يوفر النمو الجيد لعدد كبير من الأنواع والأصناف النباتية .

2- تؤخذ قطع صغيرة من نسيج نباتي يحوي خلايا حية، وتعقم ثم تزرع في المستنبت كما هي أو بعد تفككها لخلايا معزولة وتحت ظروف معقمة (شكل رقم 1:11) .

المركبات الكيميائية المستخدمة في تحضير المستنبتات:

يحضر الوسط المغذي المناسب لنمو النسيج النباتي حسب نوع النبات واختلاف مرحلة نموه، كما أن الشروط البيئية من حرارة ورطوبة تختلف أيضاً باختلاف تلك النباتات. أما الأملاح التي تقدم الشوارد الضرورية لنمو النبات فكثيرة العدد، وهي تضاف للمستنبت بنسب متفاوتة. ومن الممكن تصنيف الشوارد المستعملة في تحضير المستنبتات بالاستناد إلى الكمية الداخلة منها إلى ثلاثة أقسام.

- عناصر كبرى: وتقاس كميتها الموجودة في ليتر من المستنبت بالغرامات وهي: البوتاسيوم- النتروجين، الكالسيوم- المغنيزيوم، الفسفور، الصوديوم، الكبريت، الكلور.
- عناصر صغرى: وتقاس كميتها الموجودة في ليتر من المستنبت بالميلي غرام وهي: بور- منغنيز- توتياء- يود- نحاس- حديد - كوبالت.
- عناصر ميكرونية: وتقاس كميتها الموجودة في ليتر من المستنبت بالميكرو غرام وهي: تيامين - إينوزيتول - حمض التبغ- بريدوكسين - أدنين - أوكسين - سيتوكين - حمض الأندول الخلي ، حمض الجبرلي .



زهرة
سداة
بادرة
بذرة
نبات ثنائي
أعداد
الصبغيات
تمايز
3 الأعضاء
مزرعة كالوزية
Callus
مزرعة معلقة
سوق
مئبر
خلايا مفردة
التمايز الجينى
3
جذور
2
معالجة إنزيمية
نبات صغير
جنين
3
مزارع أحادية
حبوب
اللقاح
سوق
غسل
زراعة
جنين 3
نبات صغير
أجنة
جذور
بروتوبلاستات
otoplasts.
مزرعة
الالتحام
2
نبات أحادي
عدد الصبغيات
نباتات أحادية
وثنائية وعديدة
أعداد الصبغيات
1
غسل
معالجة أنزيمية
جزء من ورقة
2
فصل جزء من
ورقة النبات
التمايز
مزرعة أنسجة

شكل رقم 1:11

شكل توضيحي يلخص طرائق إكثار النباتات بزراعة الخلايا والأنسجة.

1- إنتاج سلالات أحادية وعديدة الصيغة الصبغية.

2- إنتاج سلالات وأنواع نباتية جديدة من خلال التحام البروتوبلاست .

3- حث الخلايا الناتجة على التمايز إلى نباتات كاملة.

إضافة إلى المواد السكرية (سكاروز – غلوكوز) الموجودة بنسبة عالية تتراوح 20–30 غ / ل .

وفي المستنبتات الصلبة يضاف الآغار بنسبة 6–8 غ / ل ويكون pH الوسط حمضياً خفيفاً (نحو 6.5) .

وتجدر الإشارة إلى أن الطرائق المتبعة لإنشاء مزارع الخلايا والأنسجة النباتية مشتقة أصلاً من الطرائق المتبعة في مجال عزل الكائنات الحية الدقيقة وزراعتها، وخاصة بعد شيوع النجاح الذي حققه علماء الميكروبيولوجيا في أواخر القرن الماضي في مجال عزل الميكروبات من بيئاتها المختلفة (كوخ Koch وباستور Pasteur حوالي عام 1882م). حيث تضع هذه الطرائق في الحسبان أن كل خلية جرثومية تلتصق بسطح وسط المغذي الصلب سرعان ما تنقسم بنشاط مكونة مستعمرة من بلايين الخلايا ، يمكن عدها وعزلها في وسط مغذٍ جديد تمهيداً لدراستها. لقد حث هذا النجاح علماء فيزيولوجيا النبات على التساؤل عن إمكان تبني الأسلوب نفسه من أجل فصل خلايا النباتات الراقية وأنسجتها في أوساط مغذية معقمة، تمهيداً لدراسة أنشطتها المختلفة بمعزل عن باقي الخلايا والأنسجة في النبات الكامل.

11-3 الفوائد العملية لزراعة الخلايا والأنسجة:

إن أهم العقبات التي واجهت العلماء في أبحاث زراعة الخلايا والنسج هي الجدران الخلوية، التي يجب إزالتها دون الإضرار بمحتويات الخلية. وتتم هذه العملية في الوقت الحاضر لمعالجة أنزيمية.

تتضمن معالجة الخلايا بمزيج من أنزيمات تحلل السيللوز والبكتين ضمن وسط له ضغط حلولي معين، فنحصل بالنتيجة على خلايا عارية من الجدار تعرف باسم البروتوبلاست Protoplasts (شكل رقم 11:2). يمكننا الانطلاق منها للأغراض والفوائد التالية:

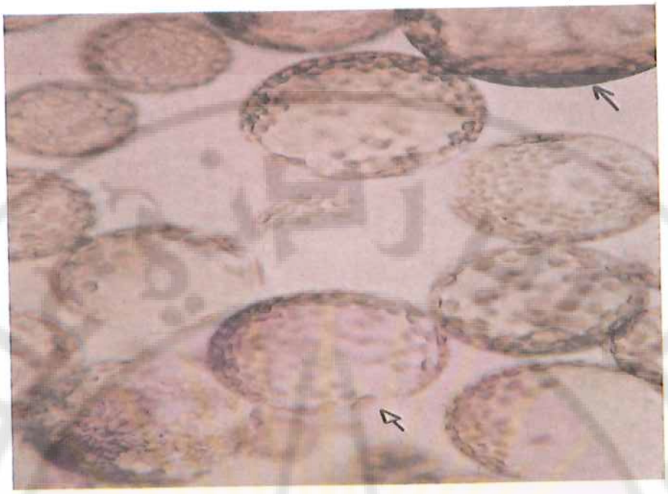
1- الحصول على عدد كبير من النباتات المتماثلة والسليمة ضمن مدة قصيرة:

لقد استعملت زراعة الخلايا والأنسجة على نطاق واسع للحصول على النباتات الاقتصادية وتطبق كما يلي:

1. **تؤخذ قطع من البراعم الرأسية للنباتات المنتخبة** (بالنسبة للورود ، والنسيج المتوسط في ورقة التبغ أو ورقة البندورة البرية)، بطول 10-20 ملم ، ويشترط أن تكون النبتة الأم حاملة للصفات الوراثية النقية للنوع. وتعقم هذه الأنسجة بنقعها في محلول تحت كلوريت الصوديوم لمدة عشرة دقائق، وتغسل بعد ذلك بالماء المقطر والمعقم، ثم يتم فصل جدارها الخلوي فنحصل على البروتوبلاست Protoplasts (شكل رقم 2:11). تفكك خلايا البروتوبلاست وتوضع كل قطعة صغيرة في أنبوب يحوي وسطاً مغذياً صلباً، مع ملاحظة أي تلوث يمكن أن يحدث في أحد الأنابيب خلال أسبوعين، وبعد ستة أسابيع تنمو خلايا البروتوبلاست بشكل كتل خلوية تسمى كالوس Callus (الثفنات) مما يسمح بنقلها إلى مزارع جديدة (شكل رقم 3:11).
2. **مرحلة التكاثر** : يستعمل الوسط المغذي السابق نفسه (وسط التمايز) لزرع قطع الكالوس (الثفنات) بشكل متكرر كل أربعة أسابيع، مما يمكن من مضاعفة عدد الخلايا (البراعم) في كل شهر .
3. **مرحلة التجذير:** ويتم ذلك بنقل البراعم إلى أوساط خالية من الأوكسين أو السيتوكينين فتتشكل الجذور.
4. **مرحلة التقسية أو الفطام:** تنقل النباتات بعد تشكل الجذور إلى وسط جديد مع توفير رطوبة جيدة وتدفئة لمدة أسبوعين ويلاحظ نمو النبات الجديد بعد نقله إلى الأصص ثم إزهاره وإنتاجه للبذور (شكل رقم 3:11).

وهكذا يمكن الحصول من عشرة نماذج برعمية على خمسمئة نبتة مجذرة، تنمو خلال تسعة أشهر. ونعتمد عند الزراعة استعمال وسط إنباتي نصف صلب (6 غ آجار) يحوي سكاكر بمقدار 40 غ / ل والشوارد المعدنية الضرورية بكمية كافية مع مراعاة الـ pH بحدود (5.5).

ومما يجب ملاحظته أن هذه الطريقة من الزراعة تخلص النبات من الإصابات الفيروسية، لأن أنسجة البراعم النهائية خالية من الفيروسات. لذلك يجب الانتباه إلى عدم التلوث عند القيام بهذا العمل.



شكل رقم 2:11

الخلايا منزوعة الجدار Protoplasts في خلايا أوراق البندورة البرية .

لاحظ الصانعات الخضراء الموجودة داخل الخلايا.

شكل رقم 3:11

صورة لمزارع الكتل الخلوية المسماة كالوس Callus (الثفنات) لنبات البندورة البرية.

لاحظ نمو النبات الجديد.

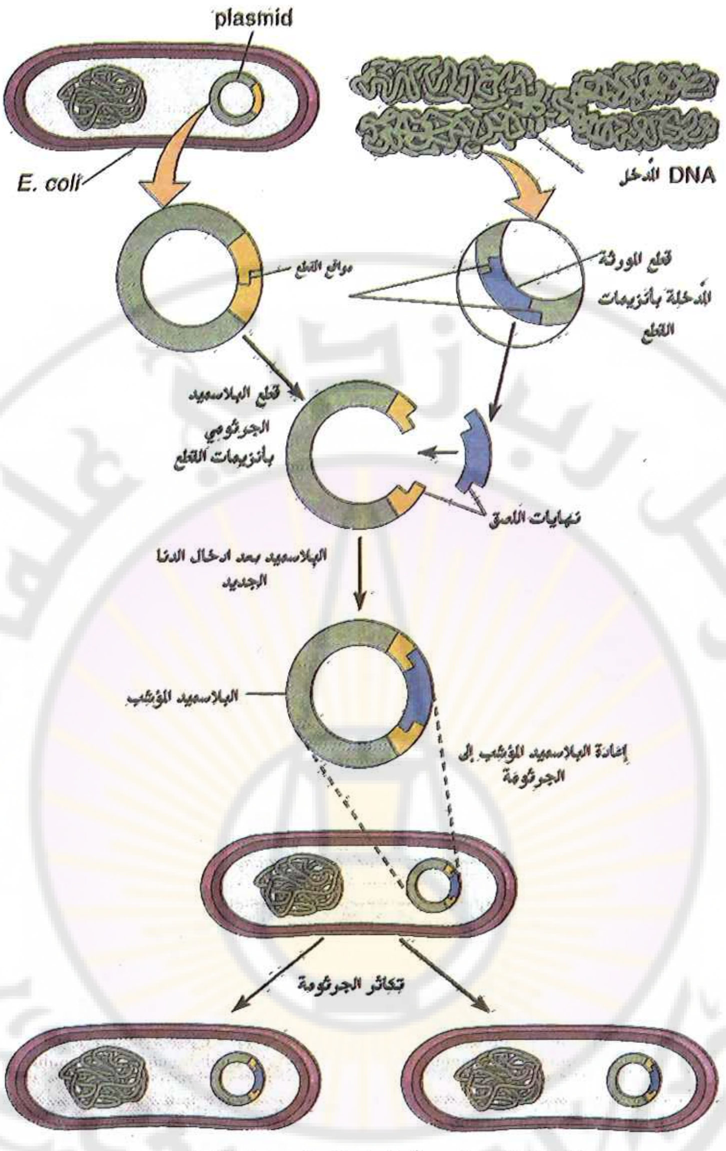
2- الحصول على نباتات تستفيد من نتروجين الجو وبالتالي لا تحتاج للتسميد:

لقد قامت مجموعة من الباحثين في معهد ماكس بلانك لوراثة النبات في ألمانيا الغربية بحقن العوامل الوراثية الجرثومية المتحكمة في تثبيت النتروجين الجوي داخل بروتوبلاست النباتات الراقية، واستنباط سلالات من النباتات تثبت النتروجين الجوي بنفسها، ولهذه السلالات أهمية خاصة، حيث إن زراعتها تجود في الأراضي الفقيرة، ولا تكون بحاجة إلى مخصبات في أثناء نموها ونضجها.

كما استطاع علماء النبات نقل الشريط الوراثي الذي يثبت النتروجين الجوي من جراثيم الريزوبيوم *Rhizobium* ، إلى آلاف الأنواع الأخرى من الجراثيم الموجودة في الأراضي الزراعية، فتتحول تلك الجراثيم إلى مصانع أسمدة آزوتية مما يوفر على المزارعين نفقات التسميد وخفض سعر المحاصيل.

3- نقل المورثات Genes ودمجها:

من المعلوم أن الصفات التي يمتلكها النبات تعود أصلاً إلى المورثات المتوضعة على الصبغيات الموجودة في نواة خلاياه. لذلك يجب قبل كل شيء تحديد عمل كل مورث والسعي لعزله ثم إدخاله في نواة النبات الذي يحتاج إلى الصفة التي يحملها ذلك المورث، وتجدر الإشارة إلى أن الطرائق المتبعة في عملية النسخ الجيني بوساطة الأحياء الدقيقة وخاصة الجراثيم (شكل رقم 4:11) قد استعملت أيضاً لنقل الصفات الوراثية بين النباتات. ويشير الشكل رقم (4:11) إلى عملية نقل بعض المورثات الحاملة لصفات وراثية محددة إلى جراثيم العصيات الكولونية *E.coli* والتي يمكن استعمالها فيما بعد لنقل هذه الصفات إلى كائنات حية أخرى. ولهذا تحضر بروتوبلاست الخلايا المدروسة ثم تحقن المورثات ذات الصفات النوعية المطلوبة بداخلها بوجود مواد تساعد على دخولها، وتقوم البروتوبلاست بعد ذلك بتشكيل جدار جديد لكل خلية. ثم يجري زرع تلك الخلايا فتعطي نباتاً جديداً.

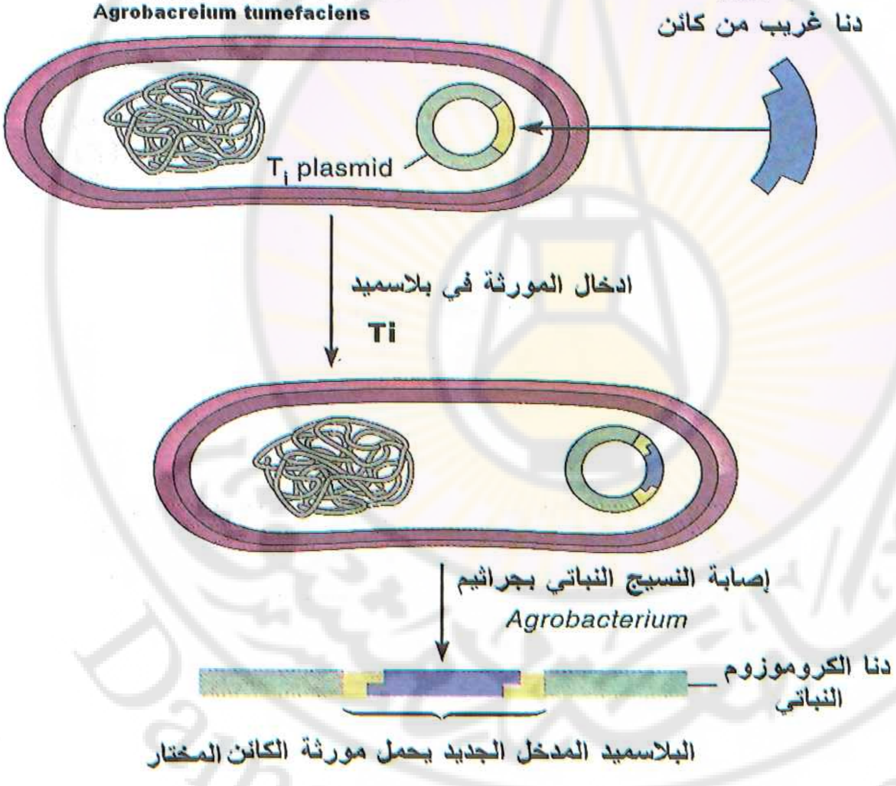

plasmid
E. coli
DNA المدخل
مواقع القطع
قطع المورثة المدخلة بأنزيمات القطع
قطع البلاسميد الجرثومي بأنزيمات القطع
نهايات اللصق
البلاسميد بعد ادخال الدنا الجديد
البلاسميد المؤشب
إعادة البلاسميد المؤشب إلى الجرثومة
تكاثر الجرثومة

الخلايا الجرثومية الحاملة لنسج الدنا الجديد

شكل رقم **4:11**

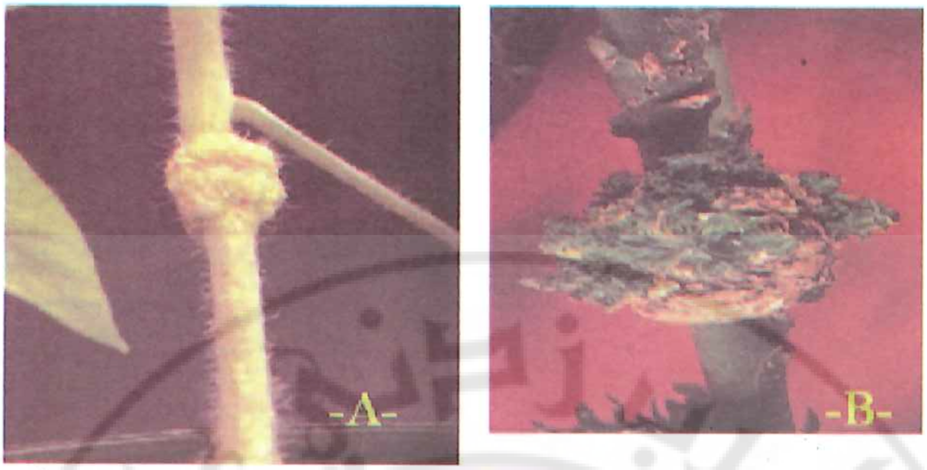
النسخ الجيني بوساطة الجراثيم. تستعمل أنزيمات القطع، لقطع البلاسميد من الجرثومة المختارة (***E.coli***) والمورثة المدخلة من دنا غريب، ثم ندخل المورثة في هذا البلاسميد. وعند تكاثر الجراثيم تنتقل الصفات المحمولة على المورثات المدخلة (الجديدة) إلى الخلايا البنات.

يعد جرثوم التربة المحرض للتورم *Agrobacterium tumefaciens* من أكثر حوامل المورثات شيوعاً لنقلها إلى خلايا النباتات . وهذا الكائن المجهري هو مهندس طبيعي للوراثة، إذ يقوم بغرس قطع صغيرة من الدنا DNA هي (T- DNA) المتوضعة على البلاسميد Ti- Plasmide وذلك عند وجود جرح في النبات شكل رقم (5:11) داخل صبغيات الخلايا النباتية، مؤدياً إلى ورم يدعى التدرن التاجي Crown galle، يصيب العديد من النباتات مثل البندورة والتبغ كما يصيب الأشجار المثمرة (تفاحاً، أجاصاً ، لوزاً ...الخ) ويسبب لجذورها انتفاخات صغيرة طرية، فاتحة اللون لا تلبث أن تتحول إلى ورم سرطاني متخشب بني اللون (شكل رقم 11:6- A وB).


Agrobacreium tumefaciens
دنا غريب من كائن
Ti plasmid
ادخال المورثة في بلاسميد Ti
إصابة النسيج النباتي بجراثيم Agrobacterium
دنا الكروموزوم النباتي
البلاسميد المدخل الجديد يحمل مورثة الكائن المختار

شكل رقم 5:11

إدخال مورثات جديدة في النبات باستخدام بلاسميد Ti لجراثيم *Agrobacterium*



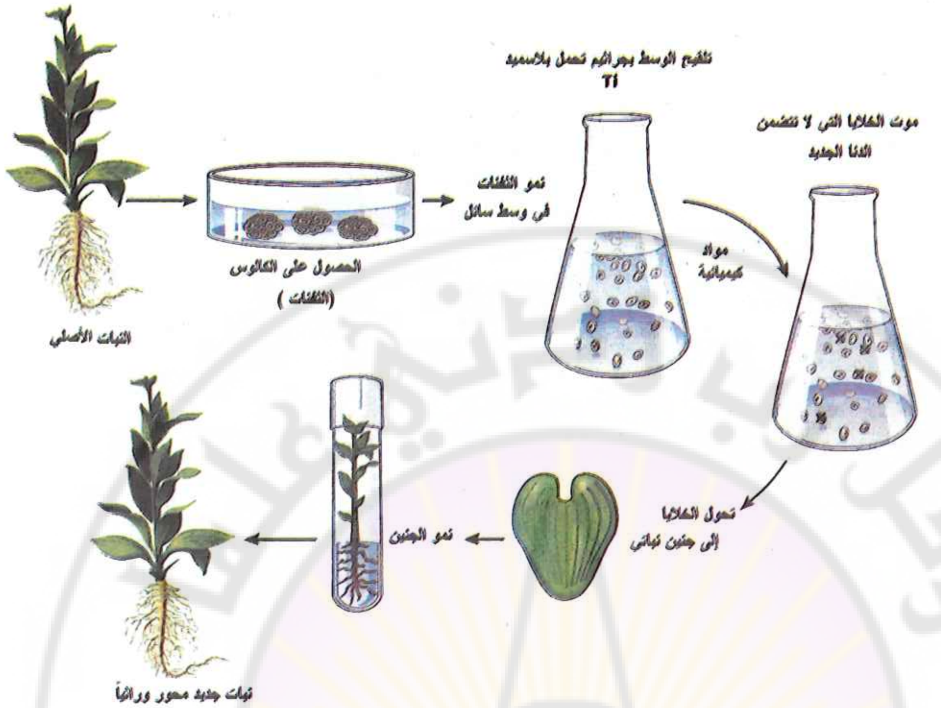
شكل رقم 6:11

A- التدرن التاجي الذي أحدثته جراثيم *Agrobacterium tumefaciens* في نبات البندورة.

B- التدرن التاجي الذي أحدثته جراثيم *Agrobacterium tumefaciens* في نبات التبغ

ونذكر هنا بأن العالمين Tzrailskyi , Eagydin (عام 1979) يعتقدان أن سبب هذا التدرن هو فيروس (لم يحدد اسمه بعد) يدمص إلى الجرثوم السابق ثم ينفصل عنه في ظروف محددة داخل البنات محولاً إياه إلى خلية سرطانية.

يؤدي دخول قطعة البلاسميد (T-DNA) إلى تكاثر إعاشي وانقسام خلوي مستمر وغير مسيطر عليه ينتج عنه التدرن المذكور. كما تصطنع هذه الخلية النباتية المصابة بتوجيه من المورثات الجديدة مواد خاصة تختلف باختلاف النوع الجرثومي نسميها الأوبينات Opines، لا تلبث أن تفرز في الوسط الخارجي وتعود للدخول والمساهمة في نمو الخلية الجرثومية وتطورها (شكل رقم 7:11).


تلقيح الوسط بجراثيم تحمل بلاسميد
Ti
موت الخلايا التي لا تتضمن
الدنا الجديد
نمو الثفنات
في وسط سائل
مواد
كيميائية
الحصول على الكالوس
(الثفنات)
النبات الأصلي
تحول الخلايا
إلى جنين نباتي
نمو الجنين
نبات جديد محور وراثياً

شكل رقم 7:11

خطوات الحصول على النباتات المحورة وراثياً.

يتطور التدرن ويزداد إفراز الأوبينات التي تغذي الجراثيم وتزيد من عددها. وهكذا يعد التدرن المكان البيئي الطبيعي للجراثيم التي يمكنها أن تنتشر بأعداد كبيرة في التربة بعد موت النبات وأن تدخل نباتات أخرى وتبدأ دورة حياة جديدة.

تتوسط في عملية النقل السابقة متتاليات من الدنا DNA ، الواقعة على جانبي المورثات المحرضة للورم. وقد قام العلماء مخبرياً Tempe et Schell عام 1987 بإحلال أي مورثة محل مورثات البلاسميد والتي تسبب التورم، تستطيع بدورها أن تنتقل إلى داخل صبغيات النبات ويتضمن ذلك عدة مراحل هي:

- بناء المورثة الجديدة (الشكلين رقم 5:11 و 8 – A) التي تتألف من ثلاثة أجزاء هي المورثة الجرثومية وهي هنا المورثة المرمزة للنيومايسين فوسفور

ترانسفيراز (NPT) والتي تتصف بمقاومتها للمضادات الحيوية مثل الكاناميسين Kanamycine. ومن حامل (Nos) للمورثة ومن منهي لهما يتمان عمل المورثة. ثم إدخال هذه المورثة إلى البلاسميد.

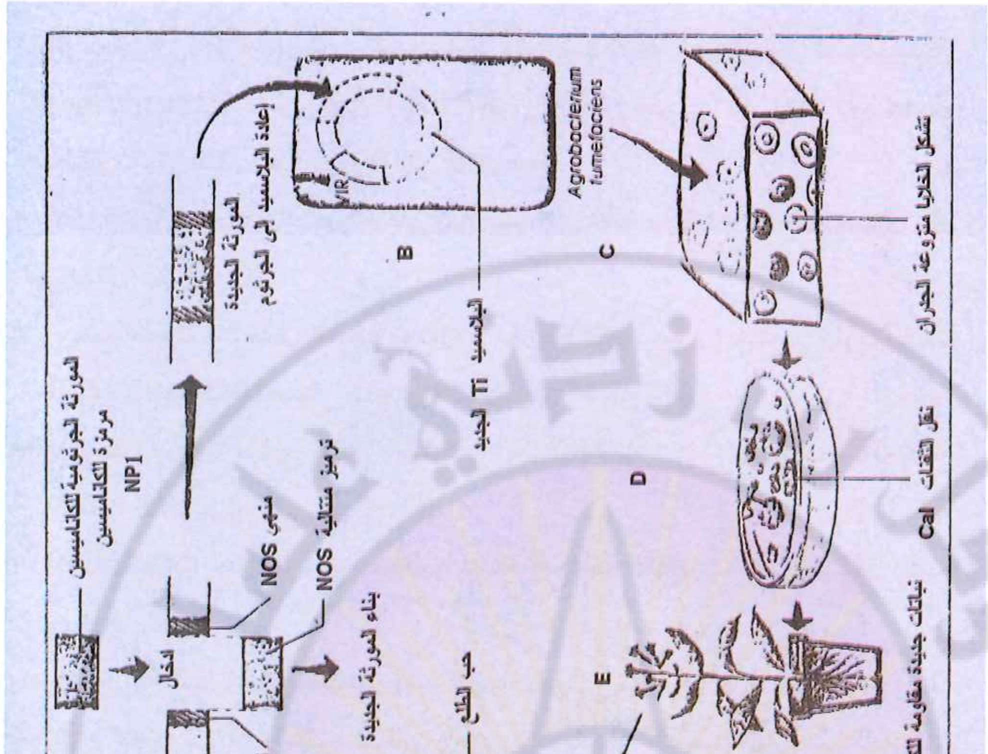
- نقل المورثة الجديدة المحمولة على البلاسميد إلى خلية جرثوم *A. tumefaciens* (شكل 8:11- B).
- وضع الجرثوم الحامل للصفة الجديدة (مقاومة الكاناميسين) مع بروتوبلاست النبات، لإحداث الانصهار الخلوي (شكل رقم 8:11- C).
- نلاحظ بعد عدة أسابيع تشكل الثفنات (Callus) التي تزرع مخبرياً بطريقة نباتات الأنابيب (شكل 8:11- D).
- تتشكل نباتات جديدة ، يتميز معظمها بصفة المقاومة للكاناميسين. (شكل رقم 8:11- E).

ولدراسة صفة المقاومة للكاناميسين يعمد إلى ما يلي:

يتم إنتاج البذور بالإلقاح الذاتي، ثم تزرع في وسط يحوي الكاناميسين (شكل رقم 8:11- F) فنلاحظ أن البذور التي لا تحوي المورثة المقاومة لا تنتش ويكون وجودها بنسبة 4/1 ، وأن البذور المقاومة تنتش وتقوم بالتركيب الضوئي وتصبح خضراء وتكون نسبتها 4/3 . وهذه النسبة هي المنتظرة وفقاً لقانون مندل في عزل الصفات الوراثية.

وتجدر الإشارة إلى أن العالم هربرت بوير (عام 1973) كان قد اكتشف طريقة تسمح بإدخال مورثات غريبة إلى جرثومة العصيات المعوية المعروفة باسم *Escherichia coli* ، تنتج ما تنتجه بعض الخلايا الطبيعية في جسم الإنسان مثل الأنسولين والانترفيرون (شكل رقم 4:11).

ومنذ بداية الثمانينات بدأ علماء بلجيكيون (Herrea Estrella ومساعدوه عام 1983) من جامعة Gand باستخدام هذه الجرثومية مع جرثوم *A. tumefaciens* للغرض نفسه.


Ti البلاسميد
A
VIR
T-DNA
المورثة المراد تعديلها
NOS
بادئة NOS
إدخال
NOS منهي
المورثة الجرثومية للكانامسين
مرمزة للكانامسين
NP1
ترميز متتالية NOS
بناء المورثة الجديدة
المورثة الجديدة
إعادة البلاسميد إلى الجرثوم
VIR
B
البلاسميد Ti الجديد
Agrobacterium tumefaciens
C
شكل الخلايا منزوعة الجدران
D
نقل اللقاحات
Cal
E
نباتات جديدة مقاومة للكانامسين
حب الطلع
إلقاح ذاتي
F
البذور
وسط يحوي الكانامسين

شكل رقم 8:11

طريقة الضم الوراثي التجريبي المستخدمة في تحسين الأصول النباتية

كما تمكن العالم الأمريكي موري Mourai ومساعدوه في العام 1983 نفسه من عزل المورثة التي تصطنع البروتين من خلايا بذور الفاصولياء. ثم نقلوا هذه المورثة وأدخلوها في خلايا نبات عباد الشمس باستخدام الجراثيم السابقة *A.tumefaciens* كوسيط، فحصلوا على بذور جديدة لنبات أطلقوا عليه اسم فاصولياء الشمس.

ومن النباتات الجديدة التي نمت من عمليات انصهار البروتوبلاست للبطاطا والبندورة في مخابر جامعات السويد وألمانيا الغربية وأمريكا في بداية الثمانينات نبتة تجمع أوصاف البطاطا والبندورة. وتتصف هذه النبتة بأنها تعطي ثمار البندورة ودرنات البطاطا بآن واحد، وبالإضافة إلى ذلك فإن دمج المورثات التي تقاوم أمراض النبات الموجودة في البندورة قد ساعدت على إنتاج سلالة من البطاطا مقاومة للأمراض.

11-4 الصعوبات التي تواجه الحصول على نباتات الأنابيب:

إذا كانت طريقة زرع النباتات في الأنابيب (مخبرياً) سهلة التطبيق نسبياً إلا أنها لا تخلو من عوائق أهمها تلك الخاصة بالمشاكل التقنية والاقتصادية.

من المشاكل التقنية:

1- حصول التلوث بالفطريات أو الجراثيم أو الفيروسات. وإذا ثبت حدوث أي تلوث. فيجب إتلاف محتوى جميع الأنابيب المزروعة.

2- يمكن أن نشاهد في أثناء أطوار التكاثر المختلفة للأنسجة، أن بعض النباتات أخذت تظهر بشكل شبيه بالزجاج، فتكون الأوراق بلون أخضر لامع، تلتف على نفسها وتصبح سهلة الكسر وشفافة، ويزداد ظهور هذه الأعراض في أوساط تحوي كميات كبيرة جداً أو قليلة جداً من السيتوكسين، مما يؤدي لتوقف نمو النبات عادة. ويستعيد النبات حالته الطبيعية أحياناً عند وضعه في وسط لا يحوي الأوكسين أو السيتوكسين.

3- تعد مرحلة التجذير في نباتات الأنابيب من أصعب المراحل التي تخضع للسيطرة الهرمونية. لذلك يجب أن نضع في الحسبان النسبة المئوية للنباتات

المجذرة ونوعية وجودة التجذير الحاصل. مما سيحدد شروط النجاح عندما تزرع تلك النباتات في الأراضي الزراعية.

4- إن بعض الأجناس والأنواع النباتية الجديدة التي استنبطها العلماء في مزارع الخلايا النباتية عقيمة لا تزهر ، لذلك يجري إكثارها إعاشياً ، كما تجري حالياً بحوث في مزارع الخلايا بهدف تنمية هذا العقم وحث النباتات على تشكيل الأزهار والثمار والبذور.

ومن المشكلات الاقتصادية:

ما يتعلق بتلك الصعوبات التي تعترض مخابر البحث العلمي، لتقديم الإنتاج في أقصر فترة زمنية. حيث يجب العمل على إنتاج أكبر قدر ممكن من النباتات بأجود الصفات وأقل التكاليف وبأسرع وقت ممكن.

ومنها ما يتعلق بالتجهيزات المخبرية التي تشكل نفقات إقامتها وخاصة بالنسبة للدول النامية عائقاً لا يستهان به، علماً بأن كثيراً من الدول المتقدمة مثل أمريكا والسويد واليابان لديها حالياً مصانع لإنتاج البادرات النباتية إعاشياً بدءاً من مزارع الخلايا والأنسجة والتي تعمل بصورة آلية تماماً.

المراجع

أولا: المراجع العربية

1- **أبو عرقوب، محمود موسى (2000).** المقاومة الحيوية لأمراض النبات، الطبعة الأولى، المكتبة الأكاديمية، القاهرة. 3

2- **الأشقر، كمال (2009).** الفطريات، مديرية الكتب الجامعية، جامعة دمشق.

3- **الأعرج، بسام (2009).** اللازهريات وعاريات البذور، منشورات جامعة دمشق، كلية العلوم.

4- **الرحمة، عبد الله (1998).** أساسيات علم الفطريات، مطابع جامعة الملك سعود، الرياض.

5- **السراني، عبد العزيز- الترك، إدريس - الحسيني، محمد (2000).** الطحالب، مكتبة أبو عظمة للكتب والقرطاسية، المدينة المنورة، المملكة العربية السعودية.

6- **السراني، عبد العزيز- الترك، إدريس - الحسيني، محمد (2002).** الفطريات، مكتبة دار الإيمان للنشر والتوزيع، المدينة المنورة، المملكة العربية السعودية.

7- **العكيدي، حسن خالد (2000).** التقنية الحيوية والمايكروبايولوجي الصناعي، دار زهران للنشر والتوزيع، عمان.

8- **القطب زياد، حمد، ابتسام والشيخ، سلوى 2008:** " البيولوجيا " مترجم عن كامبل – ريس الطبعة السابعة. وشارك بالترجمة أنس فارس، وحسام فارس، حسن القطب، سامر حيدر وعالية السراج. الإخراج والتنضيد في هيئة الطاقة الذرية.

9- **حمد، ابتسام وعلي نظام ، عدنان 2008 :** " بيئة الأحياء الدقيقة" كلية العلوم مديرية الكتب الجامعية جامعة دمشق.

10- **حمد، ابتسام والبابا محمد زهير وشهاب هيام 1992:** " علم الحياة النباتية/1/، كلية الصيدلة، مديرية الكتب الجامعية، جامعة دمشق.

11- **طرابلسي، إبراهيم بن يوسف (2001).** الميكروبيولوجيا الزراعية، جامعة الملك سعود.

12- **عبد الحافظ، عبد الوهاب محمد ـ محمد مبارك، محمد الصاوي (مراجعة محمود سعد، علي زكي) (1996).** الطبعة الأولى، الميكروبيولوجيا التطبيقية، المكتبة الأكاديمية، القاهرة.

13- **علي نظام، عدنان – الأشقر، كمال (2008).** بيولوجيا الأحياء الدقيقة، منشورات جامعة دمشق، كلية العلوم.

14- **عياش، غسان – الأعرج، بسام (2008).** تصنيف الزمر النباتية، منشورات جامعة دمشق، كلية العلوم.

ثانيا : المراجع الأجنبية

1-**Al Abras, K.(1988)**. La crise de transplantation chez l'Epicéa commun, Analyse de comportement des mycorhizes. Thèse de l'Univ. de Nancy I. 159p.

2-**Brooks Geo.F., Butel Janet S., Ornston L. Nicholas (1995)**.Medical Microbiology. Middle East Edition. 20th ed.656p.

3- **Campbell and Reece : 2006** " Biology ". Seven edition pearson, Benjamin Cummings, Higher Education, New York, USA..

4-**Clutterbuck, A. J. (1995)**. Genetics of fungi. In The Growing Fungus,ed. N.A. R. Gow & G. M. Gadd. London: Chapman & Hall, pp. 239-253.

5-**Elizabeth Fong &Elvira B. Ferris (1987)**. Microbiology for Health Carreers ,4th Editio , Delmar Publishers, Inc., New York.

6-**Garraway M.O., Evans R.C.(1984)**. FUNGAL NUTRITION AND PHYSIOLOGY, A WILEY-Interscience Publication, JOHN WILEY&SONS,United states of America, 401p

7-**Grifin D. (1981)**. Fungal Physiology. A Wiley-Interscience Publication.383p.

8-**Harley J.H. & Harley E.L.(1987)**. *New Phytologist* (Suppl.) 105, 1-102

9-**Hawksworth D., Sutton B., Ainsworth G. (1983)**. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi , Pub.of the commonwealth Agriculture Bureaux, 7th ed., England, 445p.

10-**HIBBETT D.S.et al.(2007)**.A higher-level phylogenetic classification of the Fungi, MYCOLOGIAL RESEARCH I I I, Published by ELSEVIER Ltd , 509-547

.

11-**James T.Y.,Letcher P.M.,Longcore J.E. Mozley-Standridge S.E., Porter D.**., **Powell M.J., Griffith G.W., Vilgalys R. (2006)**. A molecular phylogeny of the flagellated fungi (Chytridiomycota) and description of a new(Blastocladiomycota), *Mycologia*, 98(6), pp. 860-871.

12- **Kendrick, B. (1971)**. Taxonomy of Fungi Imperfecti,Toronto and Buffalo: Toronto University Press.

13-**Kohn, L. M. (1992)**. Developing new characters for fungal systematics: an experimental approach for determining the rank of resolution. Mycologia, 84, 139-163

.

14- **Marx Jean L. 1989**. A Revolution in Biotechnology. Cambridge University press, Cambgidge, USA..

15-**Park Talaro Kathleen (2008)**.Foundations in Microbiology. Sixth Edition.Mc Graw-Hill Companies

16-**Peterson R L., Massicotte H.B., Melville L.H.(2004)**. Mycorrhizas:Anatomy and Cell Biology,CABI publishing,173p.

17-**Raven P.H., Johnson G.B., Losos J.B., Mason K.A., Singer S.R.(2008)**.Biology, Eighth Edition, The McGraw-Hill Companies 1259 p

.

18- **Stern K. R., Bidlack J. E., Jansky S. H. (2008).** Introduction Plant Biology,Eleventh Edition, The McGraw-Hill Companies 616p.New york, USA.

19-**Talaro Kathleen Park (2008)**. Foundations in Microbiology,six Edition, McGraw-Hill international Edition, 834p.New york, USA.
20-**Webster J. (1985)**. Introduction to Fungi. 2ed edition Cambridge.Univ. Press. London.

21-**Webster.J &Weber R. W.S.(2007)**. Introduction to Fungi. 7th edition. Cambridge.Univ. Press. United Kingdom..

22- **Willey, Sherwood, and Woolverton; 2008**; " Microbiology". Seventh edition. MC Graw jill, Higher Education. New York, USA..

إضافة إلى العديد من المواقع الالكترونية البيولوجية.

جامعة دمشق
Damascus University

Terms المصطلحات

A	
غير خلوية	Acellular
أسيرفيوله	Acervulus
جراثيم خيطية	Actinobacteria
فيروسات غدية	Adenvirus
بوغة إيسية	Aeciospore
تجمع	Aggregation
أكينيت (خلايا مقاومة ذات غلاف ثخين)	Akinetes
الألبومين (سويداء)	Albumen
طحالب	Algae
تعاقب أجيال	Alternation of Generations
أشكال غير تامة	Anamorphs
تفاغم	Anastomosing
تحت شعبة مغلفات البذور	Angiospermae
مغلفات البذور	Angiosperms
المملكة الحيوانية	Animalia
مناطف	Antheridia (Antheridium)
منطفي	Antheridial
أعراس مذكرة (نطاف)	Antherozoides
صادات حيوية	Antibiotics
الأنتوسيرات (حزازيات قرنية)	Anthocerotophyta (Anthocerophyta)
ميريستيمات قمية	Apical meristems
إلقاح غير سابح (ساكن)	Aplanogamy
أبواغ غير سابحة	Aplanospores
ثمرة زقية طبقية	Apothecium
فطريات جذرية شجيرية	Arbuscular mycorrhizas
أركيا	Archaea
جراثيم بدائية	Archaebacteria
حامل الأرحام	Archegoniophore
رحم	Archegonium
صف الفطريات الزقية البدائية	Archiascomycetes
أبواغ كونيدية مفصلية	Arthroconidia
شعبة الفطريات الزقية	Ascomycota
تكاثر لا جنسي	Asexual Reproduction

داء الرشاشيات	Aspergillosis
تجميع	Assembly
تأبير ذاتي	Autopollination
بوغة سابحة مساعدة	Auxiliary Zoospore
آوكسين	Auxine

B

جراثيم عصوية أو عصيات	Bacilli
جراثيم الجمرة الخبيثة	*Bacillus anthracis*
جراثيم	Bacteria
ملتهمات الجراثيم	Bacteriophages
أزواج أساسية	Base pairs
دعامات	Basidia (Basidium)
شعبة الفطريات الدعامية	Basidiomycota
أبواغ دعامية	Basidiospores
انشطار ثنائي	Binary Fission
نظام التسمية الثنائية	Binomial System
النشوء الحيوي	Biogenese
مكافحة حيوية	Biological Control
كتلة حيوية	Biomass
ازدهار(إثراء)	Blooms
الجراثيم الضوئية الخضراء المزرقة	Blue- Green Photobacteria
افتسال	Bouturage
قنابة	Bractee
فروع	Branches
النباتات البريوية	Bryophytes
صدأ بني	Brown rot
برعمة	Budding

C

غلاف بروتيني	Capsid
وحدات غلافية	Capsomeres
كبسولة (محفظة)	Capsule
أشباه الكاروتينات	Carotenoids
خصائص	Characteristics
غمديات البذور	Chlamydospermes
أبواغ مغطاة	Chlamydospores
يخضور	Chlorophylls

ضمات الكوليرا	*Cholera vibrios*
حاملات الصباغ	Chromatophores
بلاسما صباغية	Chromatoplasme
مشرات كيتريدية	Chytrid Thalli
شعبة الفطريات الكيتريدية	Chytridiomycota
فروع	Cladistics
مخططات الفروع	Cladograms
كلادوم	Cladom
وصلة كلابية	Clamp Connection
تصنيف	Classification
ثمرة زقية كروية مغلقة	Cleistothecium
جراثيم كروية (مكورات)	Cocci
أبواغ مكورة	Coccospores
أنبوبي	Coenocytic
تطور مشترك	Coevolution
ملتهم العصيات الكولونية	Coliphage
عمودة	Columella
مفهوم	Concept
أبواغ كونيدية	Conidiospores
بوغة كونيدية	Conidium
كونيفيروفيتا (شعبة النباتات الصنوبرية)	Coniferophyta
صنوبريات	Conifers
اقتران	Conjugation
كوريميا (من أشكال الإثمار الكونيدي)	Coremia
فيروسات مكللة	Coronavirus
تدرن تاجي	Crown Galle
أشنات قشرية	Crustose Lichens
جراثيم زرقاء	Cyanobacteria
ملتهمات الجراثيم الزرقاء	Cyanophyages
سيكادوفيتا (شعبة النباتات السيكادوية)	Cycadophyta
إلقاح جوفي	Cytogamy

D

مستعمرات بنات	Daughter Colonies
أجنة اتكالية	Dependent Embryos
صف الفطريات الناقصة	Deuteromycetes
شعبة الفطريات الناقصة	Deuteromycota

تطور	Development
جينات نمائية	Developmental Genes
ثنائيات الفلقة	Dicots (Dicotyledones)
طور ديكاريوني (ثنائي النواة)	Dikaryotic Phase
ثنائي الشكلية	Dimorphic
شكلية ثنائية	Dimorphism
ثنائية الصيغة الصبغية	Diploid
طور مضاعف الصيغة الصبغية	Diploid Phase
أقسام (شعب)	Divisions
مجال	Domain
أمراض البياض الدقيقي	Downy Mildews

E

فطريات جذرية خارجية	Ectomycorrhizas
نباتات جنينية	Embryophytes
أجنة	Embryos
فيروسات طارئة	Emerging Virus
داخلي التغذية	Endobiotic
سويداء	Endosperme
أبواغ داخلية	Endospores
غلاف	Envelope
أنزيمات	Enzymes
خارجي التغذية	Epibiotic
إبيسوم (يصبوغ)	Episomes
شعبة ايكويسيتوفيتا (أذناب الخيل)	Equisetophyta
جراثيم حقيقية	Eubacteria
كيتريديات ثمرية حقيقية	Eucarpic Chytrid
حقيقي النواة	Eucaryotic
حقيقيات النواة	Eukaryota
طبقة داعمة	Excipulum
ساكن خارجي	Exhabitant

F

حلقة الجن	Fairy Ring
عامل خصوبة	F-factor
خيطي	Filamentous
فيليكوفيتا (السراخس)	Filicophyta

انشطار	Fission
نباتات زهرية	Flowering Plants
أشنات ورقية	Foliose Lichens
إنتاج الغذاء	Food Production
أشكال	Forms
تفتت	Fragmentation
جسم ثمري	Fruiting Body
أشنات شجيرية	Fruticose Lichens
فطريات	Fungi
مبيد فطري	Fungicide

G

أعراس	Gametes
نبات عروسي	Gametophyte(s)
مشرة عروسية	Gametothallic
مورثات	Genes
نمط جيني	Genotype
جبريللينات	Gibberellins
جنكوفيتا	Ginkgophyta
صفائح	Gills
شعبة النباتات الجنكوية	Ginkgophyta
شعبة الفطريات الغلوميرية	Glomeromycota
غنيتوفيتا (شعبة النباتات الغنيتوية)	Gnetophyta
الجراثيم الضوئية الخضراء	Green Photobacteria
تطعيم	Greffage
عاريات البذور	Gymnosperms

H

طور أحادي الصيغة الصبغية	Halophase
أليفات الملوحة	Halophiles
أحادي الصيغة الصبغية	Haploid
طور أحادي الصيغة الصبغية	Haploid Phase
شبكة هارتج	Hartig net
صف الفطريات الزقية النصفية	Hemiascomycetes
الكبديات	Hepaticophyta (Hepatophyta)
صف الفطريات الدعامية غير المتجانسة	Heterobasidiomycetes
حويصلات متباينة	Heterocystes
مختلف النوى	Heterokaryotic

مختلف السياط	Heterokont
متغايرة البوغية	Heterosporous
كيتريديات ثمرية كاملة	Holocarpic chytrid
متجانس (متماثل) النوى	Homokaryotic
أبواغ سلسلية	Hormospores
متجانسة البوغية	Homosporous
طبقة مخصبة	Hymenium
خيط فطري	Hypha(e)
جراثيم خيطية	Hyphomicrobium
طبقة تحت مخصبة	Hypothecium

I

ساكن داخلي	Inhabitant
إيزيديا (من طرق التكاثر الإعاشي في الأشنات)	Isidia (Isidium)
متماثل الأعراس	Isogamous
إلقاح متماثل الأعراس	Isogamy

J

K

إلقاح نووي	Karyogamy
مملكة	Kingdom

L

أشنات	Lichens
حلقة حياة	Life cycle
ليليوبسيدا(أحاديات الفلقة)	Liliopsida (Monocots)
عصيفة	Lodicule
شعبة ليكوبوديوفيتا (أرجل الذئب)	Lycopodiophyta (Lycophyta)
تحلل	Lysis
الدورة غير الحالة (الاستذابة)	Lysogenic Cycle
ليزوزيم (أنزيمة حالة)	Lysozyme

M

أبواغ كونيدية كبيرة	Macroconidia
ماغنوليوفيتا (النباتات الزهرية)	Magnoliophyta
ماغنوليوبسيدا (ثنائيات الفلقة)	Magnoliopsida (Dicots)
ترقيد	Marcottage

شعبة الفطريات السوطية	Mastigomycota
جسر شراكة	Mating Bridge
أكياس أبواغ كبيرة	Megasporangia
بوغة كبيرة	Megaspore
أوراق بوغية كبرية	Megasporophylls
كيس أبواغ منصفة	Meiosporangium
أبواغ منصفة	Meiospores
ميرستيمات	Meristems
ميزوزومات (جسيمات وسطية)	Mesosomes
أحياء دقيقة	Microorganisms
كيس أبواغ صغيرة(دقيقة)	Microsporange
أبواغ دقيقة	Microspores
مملكة مونيرا	Monera
وحيدات الفلقة	Monocots
أحاديات الفلقة	Monocotyledones
أحادية السلف	Monophyletic
أبواغ أحادية	Monospores
أوراق بوغية صغرية	Microsporophylls
حزازيات	Mosses
أكياس عروسية متعددة الخلايا	Multicellular Gametangia
فطريات المشروم	Mushrooms
حبال مشيجية	Mycelial Strands
ببتيدات مخاطية	Mycopeptide
ملتهمات الفطريات	Mycophages
ميكوبلاسما (جراثيم عديمة الجدار)	Mycoplasmas
فطريات جذرية	Mycorrhizas
سموم فطرية	Mycotoxins
صف الفطريات المخاطية	Myxomycetes

N

نيماتودا	Nematodes
بلاسما نووية	Nucleoplasme
تغذية	Nutrition

O

أبواغ بيضوية	Oidia
إلقاح بيضي	Oogamy
مناسل بيضية	Oogonia

شعبة الفطريات البيضية	Oomycota
بيضة كروية	Oosphere
أبواغ بيضية	Oospores
فطريات زقية طبقية تتفتح زقاقها بغطاء	Operculate Discomycetes
تعضي	Organization
مبايض	Ovaries
بويضة	Ovule

P

خيوط عقيمة محيطية (زوائد جانبية)	Paraphyses
طفيليات	Parasites
طفيلي	Parasitic
ضعفانية الصيغة الصبغية جزئياً	Partial Diploid
ثمار زقية دورقية	Perithecia
نباتات زهرية	Phanerogams
نمط شكلي	Phenotype
جراثيم ضوئية	Photobacteria
دعامات متقسمة	Phragmobasidia
فيكوبيلين (نمط صباغي يوجد في بعض الطحالب)	Phycobilins
فيكوسيانين (يزروق)	Phycocyanins
فيكوإيريثرين (يحمور)	Phycoerythrins
شعب	Phyla
تصنيف سلالي	Phylogenetic
علم تطور السلالات	Phylogeny
زوائد شعرية	Pilis
تحت شعبة الصنوبريات	Pinicae
النباتات الصنوبرية	Pinophyta
المملكة النباتية	Plantae
بلاسميد	Plasmide
شعبة الفطريات المخاطية البلاسموديوفورية	Plasmodiophoromycota
صانعات	Plasts
بليكتنشيم (نسيج ضام محبوك)	Plectenchyma
حب الطلع	Pollen grains
التأبير	Pollination
مشرة متعددة المراكز	Polycentric Thallus

Polymorpha	عديدة الأشكال
Polyploid	متعدد الصيغ الصبغية
Principal Zoospore	بوغة سابحة رئيسية
Prions	البريونات (بروتينات معدية)
Procaryotic Cells	خلايا بدائيات النوى
Proconidia	بداءة الأبواغ الكونيدية
Prokaryotes	بدائيات النواة
Promycelium	بداءة مشيجة
Proofreading	قراءة تصحيحية
Propagules	مناثر
Prophage	طليعة ملتهم
Prosenchyma	بروزنشيما (نسيج ضام)
Prothalle	طليعة مشرة
Protista (Protoctista)	بروتستا
Protonema (Protonemata)	خيط ابتدائي
Protoplasts	بروتوبلاست
Protozoa	حيوانات أوالي
Pseudofungi	فطريات كاذبة
Pseudoparenchyma	نسيج برنشيمي كاذب
Pseudopode	سويقة كاذبة
Pseudothecium	ثمرة زقية دورقية كاذبة
Psilotophyta	بسيلوتات
Pteridophyta	النباتات السرخسية
Pycnidium	جوف بكنيدي
Pycniospore	بوغة بكنية

Q

R

Raphe	درز (ثلم)
Red Tide	مد أحمر
Red Photobacteria	جراثيم ضوئية حمراء
Reduced Gametophytes	نباتات عروسية ضامرة
Replication	تضاعف
Reproduction	تكاثر
Reproductive Structures	بنى تكاثرية
Resting Spores	أبواغ ساكنة (كامنة)

أشاه جذيرات	Rhizoids
جذامير	Rhizomes
أشكال جذيرية	Rhizomorphs
جسيمات ريبية	Ribosomes
الريكتسيات	Rickettsias
انتساخ الحلقة الملتفة	Rolling Circle Replication
فيروس الروتا (من الفيروسات الدولابية)	Rotavirus
فطريات الصدأ	Rust fungi

S

رميات	Saprophytes
جراثيم مكورة متجمعة بشكل مكعبات	Sarcinae
أجسام قاسية	Sclerotia
الجراثيم اللاضوئية	Scotobacteria
مستقلبات ثانوية	Secondary Metabolites
بذرة	Seed
حواجز	Septa
أشعار جنسية	Sex pili (Sex pilus)
تكاثر جنسي	Sexual Reproduction
محفظة (معطف)	Sheath
أعفان مخاطية	Slime Molds
بقع بوغية (بقعة بوغية)	Sori (Sorus)
سوريديا- من طرق التكاثر الإعاشي للأشنات	Soridia
شعبة النباتات البذرية	Spermatophyta
صفائح مغزلية	Spindle plaques
جراثيم حلزونية	Spirils
النشوء الذاتي	Spontaneous generation
أكياس بوغية (كيس بوغي)	Sporangia (Sporangium)
أبواغ	Spores
وسادة بوغية	Sporodochium
نبات بوغي	Sporophyte
مشرة بوغية	Sporothallic
تبوغ	Sporulation
مكورات عنقودية	Staphylococcus
زائدة	Sterigmata
مملكة تنتمي إليها الفطريات البيضية	Straminipila

مكورات عقدية	Streptococcus
أكواز (مخاريط)	Strobili
سردة (حشية)	Stroma
تحت صف	Subclass
تحت رتبة	Suborder
تحت شعبة	Subphylum
تحت نوع	Subspecies
فوق رتبة	Superorder
فوق مملكة	Superkingdom
تعايش	Symbiosis
فطريات تعايشية	Symbiotic Fungi
علماء التصنيف	Systematists (Taxonomists)

T

أشكال تامة (جنسية)	Teleomorphs
بوغة تيلية	Teleutospore
بقع تيلية	Telia
بوغة تيلية	Teliospore
فطر الكمأة	*Terfezia*
أبواغ رباعية	Tetraspores
أليفات الحرارة	Thermophiles

U

بقع يوريدية	Uredinia
رتبة فطريات التفحم	Ustilaginales

V

اختلافات	Varieties
نسج وعائية	Vascular Tissues
خضري (إعاشي)	Vegetatively
تكاثر إعاشي	Vegitative Reproduction
فطريات جذرية حويصلية شجيرية	Vesicular Arbuscular Mycorrhizas
فيريون (وحدة فيروسية)	Virion
الفريودات (جزئيات حلقية من الرنا)	Viroids
فيروس	Virus
فوليوتين (فوسفات متعددة)	Volutine

W

X

كزانتوفيل (يصفور)	Xanthophylls

Y

خميرة	Yeast

Z

شعبة الفطريات الازدواجية	Zygomycota
أبواغ ازدواجية	Zygospores
بيضة ملقحة	Zygote

اللجنة العلمية

الأستاذ الدكتور غسان عياش

الأستاذة الدكتورة ابتسام حمد

الأستاذ الدكتور محمد سليمان

التدقيق اللغوي

الأستاذة المساعدة الدكتورة سكينة موعد

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات